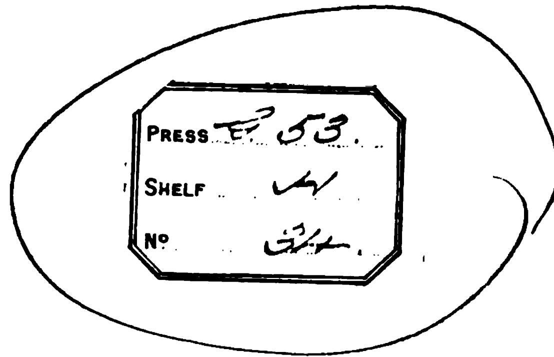
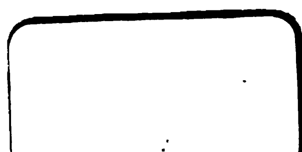







PRESS
SHELF
No



Bind covers in

All' Ill.mo Sig.

LE

OSCILLAZIONI LENTE DEL SUOLO

O

BRADISISMI

SAGGIO DI GEOLOGIA STORICA

PER

ARTURO ISSEL

Professore nella R. Università di Genova





GENOVA

TIPOGRAFIA DEL R. ISTITUTO DE' SORDO-MUTI

1883

ATTI

DELLA

R. UNIVERSITÀ DI GENOVA

PUBBLICATI PER DECRETO ED A SPESE

DEL MUNICIPIO DI GENOVA

VOLUME V.

GENOVA
TIPOGRAFIA DEL R. ISTITUTO DE' SORDO-MUTI
1883

LE
OSCILLAZIONI LENTE DEL SUOLO
o
BRADISISMI

SAGGIO DI GEOLOGIA STORICA

PER

ARTURO ISSEL

Professore nella R. Università di Genova



GENOVA
TIPOGRAFIA DEL R. ISTITUTO DE' SORDO-MUTI
1883

ALLA VENERATA MEMORIA

DI MIO PADRE

Genova, 25 Maggio 1882.

PREFAZIONE

Nella primavera del 1865, mentre percorrevo il tracciato del nuovo bosforo di Suez, i cui lavori erano già molto inoltrati, mi trovai per la prima volta presso Ismailia, in mezzo al deserto di sabbia, aridissimo, arso dal sole, dall'orizzonte sconfinato. Ad ogni piè sospinto mi si presentavano conchiglie marine, ciottoli, rupi erose, vestigia di un antico soggiorno del mare, laonde mi parve non potersi dubitare che quella regione fosse un fondo marino emerso. Le escursioni che feci di poi in altre parti dell'istmo e nel deserto libico mi confermarono nella mia opinione. Poco dopo, la vista di antiche tombe sommerse dal mare, presso Alessandria, e quella di segni non dubbi d'un avvallamento recente avvenuto nell'isola di Malta, produssero su di me una impressione profonda e m'indussero a ricercare nuovi esempi di tali fenomeni, ad investigare quale poteva essere l'estensione e l'intensità loro e a rintracciarne le cause probabili.

D'allora in poi non trascurai alcuna occasione di procurarmi notizie intorno ai movimenti lenti del suolo e su quanto si connette direttamente o indirettamente allo studio loro, e così son venuto raccogliendo i materiali della memoria che oggi presento al pubblico (¹). Oggetto precipuo di essa si è di esporre i migliori criteri per riconoscere le traccie di recenti sollevamenti e depressioni, di recare numerosi esempi di oscillazioni, ordinati logicamente e sistematicamente, distinguendo innanzi tutto i fenomeni locali dai regionali, d'investigare i rapporti più o meno intimi che possono esistere tra i movimenti lenti di una regione, la costituzione geologica del suolo, il vulcanismo, i terremoti ecc. Subordinatamente, mi occupo di ricercare l'influenza di codesti movimenti sulla configurazione delle terre emerse e dei mari, sulla formazione delle montagne, sulle condizioni climatologiche, sulla distribuzione delle faune e delle flore. Infine, io mi propongo di tracciare un quadro succinto delle molte cause più o meno ipotetiche cui tali fenomeni furono attribuiti dagli autori, esponendo

(¹) Nel 1865 esponeva alcune mie osservazioni sul recente sollevamento della costa del Mar Rosso e dell'istmo di Suez, nella memoria intitolata *Del canale di Suez*. Nell'anno seguente accennavo alle traccie di un abbassamento verificatosi nell'isola di Malta in una nota inserita nei *Matériaux pour l'histoire positive et philosophique de l'homme*. Ho trattato a lungo del medesimo tema nella mia *Malacologia del Mar Rosso* (Pisa, 1868) e nella parte geologica delle *Istruzioni scientifiche pei viaggiatori* (1.ª ediz. 1874, 2.ª ediz. 1881). Le osservazioni concernenti l'isola di Malta furono poi più estesamente riferite in un articolo comparso nel gennaio del 1874 nella *Rivista Marittima* di Roma, col titolo *Malta residuo di una gran terra sommersa*. Finalmente diedi un sunto delle mie ricerche sulle oscillazioni del suolo in una conferenza tenuta la sera del 27 febbraio 1880 d'innanzi alla Società di Letture e Conversazioni Scientifiche in Genova e lessi parte della presente memoria al terzo gruppo del Congresso internazionale geografico di Venezia, nel settembre 1881. Nell'uno caso e nell'altro produssi a corredo della mia esposizione un planisfero sul quale erano indicate le aree di depressione e di sollevamento mediante colori convenzionali.

altresì cautamente le ragioni principali che militano pro' e contro ciascuna interpretazione.

Nelle congerie di documenti e di notizie registrate nel mio lavoro, si troverà indubbiamente qualche dato incerto, inesatto od anche contradittorio, nè potrebbe essere altrimenti, trattandosi di elementi ricavati da fonti non sempre sicure, da criteri disparatissimi. Ma ho per fermo che queste inevitabili mende non saranno tali da alterar le conclusioni generali cui sono pervenuto, nel modo stesso che i lievi errori parziali nelle statistiche non influiscono sensibilmente sul valore delle medie che se ne desumono.

Ad ogni modo, io spero che l'ardua opera di sintesi alla quale mi sono accinto non parrà prematura nè troppo audace, qualora si consideri non come nuova soluzione agli svariati problemi compresi in questo vasto soggetto, ma piuttosto qual modesta preparazione ad ulteriori indagini.

INTRODUZIONE

Ognuno sa che la superficie del nostro pianeta è animata da movimenti quali istantanei o rapidissimi, quali lenti e lungamente continuati. Per effetto dei terremoti essa non può dirsi un solo istante in perfetta quiete, or qua or là trepida con fremito appena sensibile ai più delicati stromenti, oppure sussulta e si scuote con violenza, d' onde le ruine e le stragi memorabili di Lisbona, delle Calabrie, del Perù, di Scio. In virtù delle oscillazioni lente del suolo il fondo dell' oceano s' innalza per diventar terra emersa, il piano si solleva in rilievi montuosi, l' isola si unisce al continente, oppure questo, invaso poco a poco dai flutti, s' impiccolisce, si adima, la penisola si fa isola, poi si sprofonda nel mare. Per esse i fiumi sono talora deviati ed alcune terre si prosciugano, mentre altre s' impaludano; per esse cangia il corso secolare delle correnti marine, mutano quindi i climi e le vicende meteorologiche; finalmente, per esse si cangiano grado grado le condizioni

d' esistenza di innumerevoli specie d' animali e di piante, permodocchè scompariscono o, mercè una certa plasticità organica loro propria, l' elezione naturale e l' ereditaria trasmissione dei caratteri, si convertono in nuove forme, più atte a vivere e a prosperare nel nuovo ambiente.

In breve, quantunque abbiano luogo quietamente, gradatamente, talchè ben spesso passano inavvertite, le oscillazioni lente, lasciano impronta profonda e durevole sulla superficie del globo e mercè lo studio loro noi possiamo talvolta rintracciare le vicende subite nella serie dei tempi dai continenti e dai mari, spiegare le condizioni loro presenti e fino ad un certo punto presagir le future.

Appunto di questa categoria di fenomeni, di cui parmi d' aver così adombrato l' importanza e la vastità, intendo occuparmi nella presente memoria. L' esame loro si collega strettamente a quello dei terremoti, ma, se non erro, può per molta parte rimaner distinto. Esso ritrae speciale opportunità dagli studi d' endografia comparata, tanto felicemente iniziati dal De Rossi sotto il nome di *meteorologia endogena* (1), nonchè dagli inviti reiteratamente banditi dall' Istituto di Francia e dalla Associazione Meteorologica italiana per richiamare l' attenzione degli studiosi sul tema di cui si tratta. Finalmente, trova la sua ragione nel fatto che, mentre la sismologia propriamente detta vanta ricca serie di documenti e conta numerosi ed assidui cultori, scarseggiano le nozioni positive riguardo ai movimenti lenti del suolo e pochi attendono ad accrescer il numero di esse.

Per brevità e per non ripetere troppo spesso l' espressione *oscillazioni lente del suolo*, mi servirò del vocabolo *bradisismi* da *brados* lento e *seismos* movimento, il quale allude alla medesima idea.

(1) M. S. De Rossi, *La meteorologia endogena*, 2 vol., Milano, 1879-1881.

I bradisismi si manifestano il più delle volte con spostamenti del suolo dal basso all'alto o dall'alto al basso; nel primo caso la superficie del terreno si allontana dal centro del globo e si ha ciò che suol dirsi un *sollevamento*, nel secondo all'incontro si accosta al centro medesimo e ne risulta un *abbassamento*. In pratica, per verificare se un movimento debba attribuirsi all'una o all'altra maniera, si riferisce al livello medio del mare, considerato come orizzonte invariabile. Senonchè, a causa delle maree, dei venti e di mutazioni nella pressione atmosferica, nella temperatura, nella salinità, questo livello non può considerarsi come rigorosamente costante. Di più, si vedrà in seguito come da autorevoli naturalisti si attribuiscano al livello marino mutamenti lenti, quali periodici, quali permanenti, per effetto di fenomeni astronomici e geologici.

In realtà, anche prescindendo dalle supposte alterazioni secolari nel livello degli oceani, le espressioni *sollevamento* e *abbassamento* sono poco esatte, giacchè bene spesso il movimento nel senso verticale è solo apparente. Perciò il Suess denomina siffatti movimenti *spostamenti delle linee littorali* e li distingue in *positivi*, quando il mare si estende a spese della terra, *negativi*, quando all'incontro le acque sembrano calare e cresce la parte emersa dalla riva.

Senza disconoscere il valore delle obbiezioni di Suess, non credo di dover rinunziare a quei due vocaboli ormai consacrati dall'uso, ma non per questo respingo gli epiteti *negativo* e *positivo* applicati all'uno o all'altro bradisismo.

Una prima distinzione vuol essere stabilita fra i bradisismi *regionali* e *locali*. I primi si presentano in aree assai estese e dipendono indubbiamente da cause d'ordine generale, gli altri si palesano in territori circoscritti e generalmente provengono da particolari condizioni stratigrafiche, geognostiche o climatologiche. Faccio conto di ritornare in seguito su questa distinzione, alla quale annetto

capitale importanza. È d' uopo avvertire, frattanto, che, nello stato attuale delle nostre cognizioni, non essendo sempre possibile di discernere le due maniere di fenomeni, avverrà che io debba comprendere qualcuno dei secondi sotto la rubrica dei primi.

Si danno, infine, movimenti terrestri assai circoscritti, locali, che pur non essendo istantanei, come i terremoti, appariscono però rapidissimi in paragone dei bradisismi ordinari, tali sono a cagion d' esempio i movimenti giornalieri dovuti alla dilatazione e alla contrazione di certi terreni per effetto delle oscillazioni termiche superficiali. Questi, il cui studio si connette alla meteorologia più che alla geologia, saranno da me considerati in via subordinata sotto il nome di ***bradisismi meteorici.***

PARTE PRIMA

SAGGIO STORICO INTORNO AI BRADISISMI.

Prima di procedere nella mia esposizione, mi propongo di ricordare le credenze, le ipotesi, le teorie che ebbero corso in ordine alle oscillazioni lente del suolo da tempi remoti fino ai nostri giorni, di abbozzare, cioè la storia di una questione che esercitò in ogni tempo la sagacia dei filosofi e dei naturalisti, storia che si compenetra con quella della geologia e in cui si riflettono e si compendiano le grandi fasi che subì lo spirito umano nel suo lento svolgimento.

Nelle cosmogonie indiana, cinese, egiziana, giudaica, islamitica troviamo le prime traccie di sistemi geologici più o meno oscuri e mal definiti, nei quali l'osservazione della natura ha parte assai minore della fantasia. Vi si accenna a periodiche conflagrazioni, a diluvi od altra maniera di cataclismi, coi quali la divinità colpisce e disperde la specie umana pervertita e corrotta, onde abbia poi a risorgere nella pristina purezza.

L'impressione vivissima prodotta sulla fantasia di popoli semplici e incolti dalla vista di grandi e terribili fenomeni naturali, come terremoti, eruzioni vulcaniche, inondazioni, la memoria di simili avvenimenti, ingigantita dalle tradizioni, debbono aver avuto influenza grandissima nella genesi di tali sistemi.

Tra i Greci, Empedocle, Leucippo, Democrito accennano, nei pochi frammenti delle opere loro pervenuti fino a noi, all'ipotesi di fuochi sotterranei e alle generali conflagrazioni subite dalla terra. Esiodo fa menzione della riunione al continente dell' isola *Artemia* cagionata dai depositi del fiume *Acheloo*. Pindaro ricorda l' uscita dalle acque dell' isola di *Rodi;* l' antica connessione dell' *Eubea* colla *Beozia* è affermata da Jone di Scio (1).

Fin da quei tempi remoti alcuni filosofi, come Anassagora, ritenevano che le passate vicende del globo non avessero avuto cause diverse da quelle che tuttavia sono attive nell' attualità; altri, come Senofonte, Empedocle, Parmenide, Talete, Anassimene, credevano al succedersi di grandi catastrofi. I più prestavano fede a fasi di periodiche distruzioni.

Con Pittagora, che riassume e coordina la scienza professata ai suoi tempi dai sapienti dell' Egitto, della Persia e della Grecia, si estrinseca una dottrina assai più razionale, in ordine agli sconvolgimenti e i mutamenti di cui è teatro il globo terrestre, una dottrina che coincide nei suoi concetti capitali con quella che ai nostri giorni prevale nelle scuole. Ne sieno prove le seguenti proposizioni riferite da Ovidio nelle sue *Metamorfosi:*

« In questo mondo nulla perisce; tutto varia, tutto cangia di forma. Nascere significa semplicemente che un corpo comincia ad essere diverso da quello che fu; morire vuol dire che cessa di essere simile a sè stesso. Tuttavolta, mentre alcuna cosa non conserva a lungo la propria forma, tutto in complesso rimane costante ». A commento ed appoggio di siffatto sistema Ovidio reca buon numero d'esempi, tra i quali trascrivo colla scorta di Lyell (2) quelli che più si connettono all' oggetto della mia disquisizione:

(1) A. d'Archiac, *Géologie et paléontologie*, Paris 1866, p. 4.
(2) *Principes de géologie*, trad. Meulien, Paris 1848.

« La terraferma fu convertita in mare; il mare fu tramutato in terra. Conchiglie marine giacciono lunge dall'oceano e l'àncora fu trovata sulla vetta della collina. Le acque correnti scavarono valli e le inondazioni trascinarono montagne in fondo al mare. Paludi sostituirono terreni asciutti; questi alla loro volta furono sostituiti da acque stagnanti . . . ».

E più innanzi:

« La formazione di certi delta e dì certi nuovi depositi diede luogo alla riunione di parecchie isole al continente; così *Faro* si unì all'Egitto, *Antissa* a *Lesbo* ecc. Parecchie penisole furono staccate dalla terraferma e divennero isole; fra le altre *Leucadia* ed anche la Sicilia, la quale, secondo le tradizioni, fu già unita al continente da un istmo che andò distrutto dal mare. Certi territori furono sommersi per effetto dei terremoti. *Buri* e *Elice*, due città della Grecia, giacciono sommerse nel mare colle loro mura cadenti. *Trezene,* nel Peloponneso, ci porge esempio d'un altro fenomeno; quello della trasformazione di pianure in colline, per lo sforzo dell'aria compressa che tendeva ad aprirsi una via ».

Dalle opere d'Aristotile che ci sono rimaste, e specialmente dal *Trattato delle meteore*, dobbiamo argomentare che anche il filosofo di Stagira considerasse i fenomeni che si manifestano attualmente in natura come le uniche cause degli sconvolgimenti terrestri.

« Vi sono certi paesi, egli scrisse, in cui la distribuzione delle terre e dei mari non fu sempre la stessa; in cui cioè tal punto che era terra divenne poi mare e tal'altro, il quale era prima occupato dalle acque, si convertì alla sua volta in terra. Inoltre tutto porta a credere che siffatti cangiamenti si operano in un determinato periodo di tempo e secondo una certa legge ». Soggiunge infine: « siccome il tempo non perisce e l'uni-

verso è eterno, non si può supporre que le acque del *Tanai* e del *Nilo*, abbiano sempre fluito. I punti in cui questi fiumi traggono le loro sorgenti dovettero già essere asciutti; la loro esistenza è limitata; il tempo solo non ha confini. Tutti gli altri fiumi subiscono la medesima sorte; tutti nascono, tutti muoiono. Similmente il mare non ha maggior costanza; ond'è che incessantemente esso abbandona certe plaghe per invaderne altre. La terra non presenta dunque sempre il medesimo aspetto; laddove noi calchiamo un suolo asciutto vi fu mare e vi sarà ancora in avvenire; così la regione che ora è mare diverrà continente. Il tempo modifica ogni cosa ».

Strabone ci fa conoscere nella sua *Geografia* l'opinione di parecchi antichi filosofi greci intorno al soggetto che qui ci occupa: Xanto Lidio, egli dice, pretendeva che il mare fosse più esteso in passato che non ai suoi tempi e credeva si fosse in parte prosciugato, così come certi pozzi, laghi e fiumi asiatici ai suoi giorni, stante una straordinaria siccità. Cita di poi l'ipotesi di Stratone il fisico, il quale, osservando la copia grandissima di limo trasportata dai corsi d'acqua nell'Eusino, suppose che questo fosse stato in origine un mare interno e che progressivamente, accrescendosi l'altezza del suo fondo per effetto della causa suesposta, avesse superate le sue dighe aprendosi un varco presso Bisanzio sino alla Propontide. L'Eusino è destinato a convertirsi tosto o tardi, secondo Stratone, in terreno emerso, come avvenne già di parte del suo fondo presso la riva sinistra di esso. Una simile ipotesi fu proposta anche in ordine al Mediterraneo, per spiegare la formazione dello stretto di Gibilterra.

Per Strabone siffatte interpretazioni sono inadeguate; precorrendo la moderna geologia, egli risolve il problema invocando le oscillazioni lente del suolo, le cosidette *cause*

attuali ([1]). « Le acque, egli scrive, si sono innalzate o abbassate, si sono ritirate da certi punti per invaderne altri, non già perchè le terre sommerse fossero originariamente a diverse altezze, ma perchè la terra ora s'innalza ora si deprime e le acque, costrette a seguire questi diversi movimenti, qua si estendono oltre le loro rive, là ritornano entro i propri confini. È dunque al suolo che deve essere attribuita la causa di tali spostamenti, tanto al suolo che costituisce il fondo del mare, quanto a quello che è talvolta inondato dalle acque; il primo essendo tuttavolta più mobile, si comprende di leggieri come debba essere soggetto a più rapide alterazioni e ad aver parte prevalente in questi fenomeni ». « Fa d'uopo, soggiunge, ricavare le nostre spiegazioni dai fatti che cadono sotto i sensi e che come i diluvi, i terremoti, le eruzioni vulcaniche e i sollevamenti spontanei di terreni sottomarini, si riproducono in qualche modo tutti i giorni ».

Plinio, anche in ordine a questi fenomeni si contenta di riferire le osservazioni e le opinioni altrui senza aggiungere nulla di proprio. Dalla enumerazione delle nuove isole formatesi nel Mediterraneo sotto gli occhi dell'uomo, e dalla descrizione di vari fenomeni naturali, che egli reca nella sua opera capitale, si vede però come anche ai suoi tempi non mancassero sagaci osservatori.

Dopo la decadenza dell'impero romano la storia ci offre in ordine alle arti e alle scienze un lungo periodo di tenebre. Solo verso l'ottavo secolo lo studio della natura acquista favore presso gli Arabi e i Persiani, i quali ricercano avidamente i classici greci e latini, ne traducono e ne

([1]) L'espressione *actual causes*, dalla quale s'intitola la dottrina geologica propugnata da Hutton e Lyell, significa propriamente in inglese *cause reali*, *cause accertate*, non speculative, non immaginarie; ma nell'uso comune le si attribuisce bene spesso dai Francesi, dagli Italiani e perfino dallo stesso Lyell il senso di *cause odierne*.

commentano i passi. Delle opere lasciate dagli scrittori di quel tempo ben poco si rimane. Posteriormente, fiorirono Avicenna e Omar. Del primo, nato a Sciras verso il 900, si conserva un trattato sulla formazione dei minerali (1), il quale contiene un capitolo sulla causa delle montagne. Il secondo sopranomato *el aalem*, il dotto, scrisse sul ritirarsi del mare. Confrontando carte geografiche del suo tempo con altre di astronomi persiani e indiani, fatte due mila anni addietro, egli avrebbe riconosciuto grandi mutamenti avvenuti durante i tempi storici nella configurazione dell'Asia, per effetto del lento allontanarsi del mare dalle sue rive.

Nel prezioso manoscritto arabo che s' intitola *Le meraviglie della natura*, Mohammed Kazvini, scrittore persiano, che fioriva nel settimo secolo dell' egira (1300), pone in bocca ad un personaggio allegorico di nome Kidhz il seguente racconto:

Attraversando un giorno una città assai antica e popolosissima, domandai ad uno dei suoi abitanti da quanto tempo fosse fondata. È invero una potente città, mi rispose; ma non saprei dire a qual epoca risalga la sua fondazione e su questo punto i miei antenati non erano meno ignoranti di me.

Cinque secoli più tardi passavo per lo stesso luogo, ma non vidi traccia di abitazioni ed essendomi imbattuto in un bifolco, il quale mieteva le biade verdeggianti laddove altravolta sorgevano torri e palagi, quando mai, gli chiesi andò distrutta la città? In fede mia, la è una strana interrogazione mi rispose colui; di quale città intendi parlare? Ed io: ma non ve ne fu una ricca e popolosa? Nè io nè i miei vecchi, soggiunse, ne abbiamo mai avuto notizia.

(1) *De congelatione et conglutinatione lapidum.*

Trascorso un uguale spazio di tempo, mi ritrovai nel medesimo punto, il quale questa volta era coperto dalle acque azzurre di un mare sconfinato. Alcuni pescatori traevano le reti nella loro navicella ed io li interpellai così: È molto che le acque salse hanno invaso questo territorio? Mi risposero meravigliati, dubitando quasi che io fossi in senno; questo in ogni tempo fu dominio dell'oceano.

Cinque secoli ancora si erano dileguati sulle ali del tempo che ritornando colà, invece dei mobili flutti, m'apparve una distesa infinita di aride sabbie. Ad un viandante che attraversava il deserto, manifestai il desiderio di sapere come e quando la terra avesse preso il posto del mare. Ne ottenni la risposta che già più volte mi era stata fatta; egli ignorava che alcun mutamento fosse avvenuto mai nel paese.

Finalmente, visitai dopo altri cinquecento anni quella terra e per l'ultima volta in vece del campo di biade, dell'oceano e del deserto, trovai una città di gran lunga più fiorente, più ricca di monumenti, più popolosa della prima. Gli abitanti alle domande che loro indirizzai replicarono: l'origine della nostra città si perde nella notte dei tempi, ignoriamo l'epoca della sua fondazione e i nostri padri nulla sapevano in proposito più di quanto sappiamo noi tutti.

Nell'opera di Ristoro d'Arezzo (1282) intitolata *Della composizione del mondo* troviamo strane speculazioni sulla genesi delle montagne. L'autore immagina che i monti massime quelli formati « di rena, sassi e ossa di pesce di quelle che noi chiamiamo chiocciole » sieno opera del diluvio, il quale tuttavia « potrebbe fare li monti senza rena e ossa di pesce, secondo la materia del terreno che li trovasse ». Noi vediamo infatti, soggiunge, l'acqua da un lato dilavar la terra, scendere al piano coi suoi detriti ed innalzarlo, mentre dall'altro vediamo l'acqua

medesima scavar le valli e fatte le valli « rimaner i monti ». « Anche il terremoto, scrive Ristoro, può essere cagione che il monte si puote fare e disfare; e quando la cagione fosse forte, la qual cagione è sotto terra, potrebbe gittare la terra suso e fare lo monte; ed anche potrebbe enfiare la terra su e fare lo monte e di sotto rimarrebbe solo il cupo, secondo la materia del terreno ».

Sopra ogni altra causa, vi ha poi la « virtude del cielo la quale può adunare la terra insieme e ammollare l'una sopra l'altra e trarre inverso se la terra, come la calamita per virtù trae a sè il ferro e fare i monti alti tanto quanto gli sono mestieri » ([1]). E taccio d'altre fantasticherie, le quali dimostrano quanto fosse venuta meno presso di noi, dopo i Greci e i Romani, l'arte di osservare e di ragionare.

Verso il XV secolo al rifiorire delle arti e delle lettere in Italia susseguiva un vero progresso anche nel campo delle scienze. Tuttavolta, soltanto nel secolo successivo cominciarono i dotti ad infervorarsi per certe questioni geologiche più o meno strettamente connesse all'oggetto della mia disquisizione. Si accese allora una vivissima controversia che doveva durare non meno di tre secoli, circa la vera natura e l'origine delle conchiglie e degli altri corpi marini che si trovano lungi dal mare sepolti nel terreno.

Alessandro degli Alessandri (1460-1523) si occupò delle conchiglie fossili che si trovano sui monti della Calabria ed ammise che il mare dopo aver coperto quelle vette si fosse ritirato, sia pel sollevarsi del suo letto, sia in conseguenza di uno spostamento delle sue acque, provocato da un mutamento dell'asse di rotazione della terra ([2]).

([1]) *Della composizione del mondo* di Ristoro d'Arezzo, Milano 1864.
([2]) A. D'Archiac, *Géologie et Paléontologie*, Paris 1866, p. 22.

Un uomo che lasciò un' impronta gloriosa nella storia dell' arte, Leonardo da Vinci (1452-1519) fu tra i primi a riconoscere la vera natura e il significato dei fossili, e a confutare le assurde ipotesi che avevano corso in quel tempo per ispiegare la formazione loro; ipotesi che furono propugnate anche dopo di lui da uomini, i quali, come Mattioli, Falloppio, Mercati, godevano di grande autorità. Egli argomentava che il mare, dopo aver coperto tutta la superficie terrestre, si fosse poco a poco ritirato e che intanto le acque avessero asportato dai monti la terra, formando nella discesa loro le vallate e seppellendo nella melma i corpi marini. Fracastoro (1517) sostenne presso a poco la medesima tesi e dimostrò inoltre che le conchiglie fossili non potevano ragionevolmente ritenersi trasportate dal diluvio biblico, perchè sepolte bene spesso a grande profondità nell' interno delle montagne e perchè quella catastrofe, prodotta dalle acque fluviali, ebbe troppo breve durata.

Fin dal XVI secolo un domenicano, maestro Angelo Eremitano, si era persuaso che il suolo di Venezia lentamente si abbassa; e ciò principalmente perchè in alcune chiese di quella città si trovano antichi pavimenti sepolti sotto al livello medio della marea [1].

Cardano (1552) ravvisava nei petrefatti la prova evidente che il mare copriva altra volta le montagne.

Cesalpino e Majoli (1597) professavano una opinione poco diversa e l' ultimo ammetteva anche la possibilità che le conchiglie ed altre produzioni marine del Veronese fossero venute colà per via di eruzioni vulcaniche. Intanto (1580) Bernard de Palissy, il celebre vasaio, si studiò di dissipare da canto suo gli errori pro-

[1] Bianchi, *Compendio di geografia fisica d' Italia*, in appendice alla *Geografia fisica* di M. Sommerville, Firenze 1856.

fessati da tanti fra i suoi contemporanei e fu il primo. disse Fontenelle, cui spetta il vanto d'aver apertamente sostenuto in Parigi che molte spoglie di pesci e di testacei fossili fossero resti di animali marini.

Ferrante Imperato (1599), quantunque ammetta il principio della *vegetazione delle pietre* per ispiegare il formarsi di certi fossili, ragiona con molta sagacia dei mutamenti che si verificano di continuo nel dominio della terra e del mare. « Che il mare vada mancando o seccando come vogliono alcuni, egli scrive, parte è vero, parte è falso » . . . . . perciocchè « non solamente molti luoghi prima d'acqua hora son fatti di terra; ma a contrario a molte parti di terra è sopravvenuto mare. Ma non è ragionevole voler attribuir ciò alla generatione del tutto; e per picciole mutationi mutar l'universo, già che la terra paragonata al cielo è quasi nulla » (1).

Posteriormente Fabio Colonna (1626), Stenone (1669), Scilla (1670) contribuirono con importanti lavori ad accrescere e divulgare la cognizione dei fossili che si consideravano però come testimonii del diluvio noetico e della veracità dei libri sacri. Stenone riteneva che ove le formazioni sedimentari sono verticali o inclinate, l'orizzontalità loro originaria fu alterata da qualche fenomeno avvenuto posteriormente al deposito loro, per esempio dallo sviluppo di vapori sotterranei suscettibili di sollevare la crosta terrestre, o dallo sprofondamento di frammenti solidi di essa crosta soprastanti a cavità sotterranee. Egli asseriva che la Toscana avesse avuto successivamente sei diverse configurazioni per effetto di movimenti del suolo.

Appunto in quel tempo si ravvivava tra i dotti la famosa disputa relativa alla teoria diluviana. Ammessa dal maggior numero l'origine organica dei fossili, proclamata un

(1) *Historia naturale*, Venetia 1672, p. 173.

secolo innanzi da Fracastoro, alcuni si ostinavano ad attribuire ad una sola causa, ad un tempo solo di brevissima durata, al diluvio noetico in una parola, il seppellimento delle spoglie di animali e di piante di cui abbondano i terreni stratificati. Altri invece ravvisavano in questo fatto la conseguenza di una serie assai complessa di fenomeni naturali, avvenuti in lungo volger di tempi. Tratta dai teologi sul terreno religioso, la lotta si protrasse aspra, violenta fino allo scorcio del XVIII secolo.

Fra i sostenitori delle nuove dottrine, meritano di essere ricordati il Quirini (1676), in Italia, e l'Hooke (1688), in Inghilterra. Quest'ultimo, che trattò felicemente pei suoi tempi il tema dei mutamenti avvenuti nella configurazione delle terre e dei mari e nella distribuzione dei loro abitanti per effetto di fenomeni naturali e in particolar modo dei terremoti, fu uno dei primi ad ammettere l'esistenza di specie fossili estinte. Rispetto alla teoria diluviana, dopo aver dimostrato quanto sia inverosimile l'ipotesi che i fossili ripetano l'origine loro dal diluvio noetico, esprime il dubbio « che durante la grande catastrofe le parti continentali sieno state per effetto di un avvallamento convertite in mare e che i mari si sieno cangiati in continenti a causa d'un sollevamento ». « Sarebbe possibile, egli dice, che nell'intervallo compreso fra la creazione e il diluvio, dei corpi marini sieno stati sepolti nei sedimenti che si depositavano nel fondo dell'oceano ».

L'opera di Hooke è tanto più ragguardevole, inquantochè le scienze naturali erano allora in Inghilterra, molto meno avanzate che non in Italia e da taluni, per esempio da Plot (1677) e Lister (1678) si sosteneva ancora a spada tratta che le conchiglie fossili non fossero spoglie d'animali.

Occorre appena rammentare i sistemi geologici di Leib-

nitz (1693) [1], di Ray (1692), di Burnet (1690), di Woodward (1695), di Whiston (1696), nei quali la questione diluviana è svolta più o meno estesamente, con criterî tratti dalla fantasia molto più che dalla razionale interpretazione dei fatti.

Col progredire della scienza le opere che più o meno direttamente accennano ai problemi fondamentali della geologia si fanno tanto numerose che sarebbe grave il compito di passarle in rassegna. Basterà al mio assunto l'accennar brevemente agli studi di coloro che si occuparono in modo speciale delle oscillazioni lente del suolo.

Le prime osservazioni rigorose in proposito datano dalla fine del secolo scorso. Nel 1730 Celsius verificò il progressivo abbassamento del livello del Baltico e mediante esatte osservazioni ne determinò il valore. Avendo tracciato sulla costa dell'isola di *Loeffrund* una linea orizzontale ad un'altezza ben nota sul livello del mare, trovò 13 anni più tardi che quest' altezza era aumentata di m. 0. 18, da che fu condotto a valutare il dislivello in ragione di m. 1,384 per secolo. Egli però attribuiva il fenomeno al scemare delle acque marine e non già al sollevarsi della terra.

Le osservazioni di Celsius, da taluni oppugnate, da altri difese, ebbero poi la sanzione dei dotti più autorevoli. Senonchè si ammise generalmente che il dislivello summentovato si dovesse attribuire ai movimenti del suolo e non a cangiamenti nell' altitudine del mare.

Poco dopo Lazzaro Moro (1740) e Cirillo Generelli (1749) sostenevano la tesi con tanta sapienza propugnata di poi da Lyell, che gli odierni fenomeni naturali bastano a spiegare le vicende passate della superficie terrestre, senza ricorrere, come gli antichi geologi biblici e come i

[1] *Protogæa*, Lipsia 1693.

moderni seguaci di Cuvier e di Elie de Beaumont, a catastrofi, diluvii, violente emersioni e sommersioni.

Nel 1749 il sommo Linneo, affine di verificare se le acque del Baltico si ritirassero dalle coste della Scania, misurò la distanza che separava una grossa pietra dall'estremo lembo di questo mare, presso *Trelleborg*. Nel 1836, dopo 87 anni, le acque si erano invece accostate di 30 metri, il che, concorda con molte altre osservazioni, dalle quali risulta che le coste e le città della *Scania* lentamente si sprofondano.

Più tardi (1802) Playfair ammettendo i fatti annunziati da Celsius, propugnò validamente l'ipotesi che provenissero da movimenti della terraferma.

Pallas trattò estesamente il tema che qui ci occupa in una sua opera comparsa nel 1777 (1). Egli attribuisce l'adergersi delle montagne a fenomeni vulcanici e crede che il livello del mare abbia raggiunto in passato un'altezza di circa 100 tese maggiore della presente. Penetrando le sue acque nelle cavità sotterranee prodottesi pel sollevarsi delle montagne, sarebbero di poi scemate.

Dopo i suoi viaggi in Russsia e in Siberia, durante i quali fece numerose osservazioni geologiche, Pallas sostenne la tesi che il Mar Nero, il Caspio e l'Aral avessero formato in tempi remoti un bacino unico direttamente comunicante col Mediterraneo.

Hutton occupa nella storia della geologia un posto eminente come uno tra i primi, tra i pochissimi, ai suoi tempi, che seppero trarre le proprie convinzioni dall'esame dei fatti e non dalle idee dominanti. Egli si occupò principalmente di studiare i mutamenti che la superficie terrestre e i suoi componenti subiscono nell'attualità (2).

(1) *Observations sur la formation des montagnes.*
(2) *Transactions of the royal society of Edimburg, I, 1788.*

« Hutton, scrive Pflayfair suo discepolo e continuatore, attribuisce ai fenomeni della geologia un ordine simile a quello che si verifica nelle operazioni della natura che ci sono più famigliari; produce i mari e i continenti non per accidente, ma in virtù di cause regolari e uniformi. Fa servire la distruzione d'una parte alla ricostruzione di un'altra ».

L'incandescenza interna del globo e il suo graduato raffreddamento, benchè lentissimo, danno luogo per l'espansione dei gas e dei fluidi, secondo il nostro autore, allo spostamento e al sollevamento delle roccie stratificate. Questa forza immensa ha portato ad altezze grandissime roccie che giacevano sul fondo dell'oceano, ha raddrizzato, ripiegato, spezzato in molte guise le stratificazioni originariamente orizzontali ed uniformi. Il nome di James Hall deve essere citato accanto a quelli di Hutton e Playfair per l'influenza che i suoi esperimenti di fisica applicata alla geologia esercitarono sui progressi di questa scienza. A lui si deve la notissima esperienza delle pezze di stoffa per dimostrare il sollevamento e la piegatura degli strati per effetto di pressioni laterali.

L'ordine cronologico richiederebbe che qui si accennasse al sistema delle *rivoluzioni del globo*, quale fu professato dai moderni. Dirò solo in proposito che Cuvier, fatto proprio il concetto di Buffon, e d'altri suoi predecessori, lo modificò in guisa da conciliarlo colle recenti conquiste della paleontologia e della stratigrafia e lo sviluppò con impareggiabile sagacia e dottrina. Ognun sa come fosse accettato dagli uomini più eminenti del suo tempo e signoreggiasse poi nelle accademie e nelle scuole, come von Buch associasse a questo sistema la sua ipotesi relativa alla formazione dei monti vulcanici (ipotesi vittoriosamente confutata in seguito da Constant Prevost, Lyell e Poulett Scrope), come Elie de Beaumont vi coor-

dinasse la sua memorabile dottrina sul sollevamento delle montagne, come d'Orbigny, pur accettando il principio dei periodici sconvolgimenti della terra, seguiti da rinnovamenti di faune e di flore, ne noverasse una serie più lunga assai di quella di Cuvier. Ma siffatti episodî della storia che ho inteso di ricordar qui sommariamente son troppo conosciuti, perchè si convenga insistere su questo tema.

Nel 1807 von Buch, al ritorno di un viaggio in Svezia, dichiarò esser egli persuaso che tutta la regione compresa fra *Friederichshall* in Norvegia e *Abo* in Finlandia e forse fino a Pietroburgo s'innalza insensibilmente.

Brocchi espose succintamente le sue idee in ordine ai rivolgimenti subiti dalla superficie terrestre nel primo volume della sua *Conchiologia fossile subappennina*, comparsa nel 1814. Egli inclinava ad ammettere un oceano universale da prima, poi un abbassamento successivo del livello delle acque verificatosi a varie riprese, la comparsa degli animali erbivori ne' terreni primamente emersi e, dopo l'ultima catastrofe, quella dei carnivori e dell'uomo. « Non ricuso di concorrere anch'io nell'avviso, soggiungeva, che tutta questa serie di operazioni non potè recarsi ad effetto se non entro un periodo molto esteso; e qui convengo che sarà lecito di lasciare il freno all'immaginazione e di dispensare il tempo a larga mano, poichè se moderno è l'attuale stato di cose, come mi sono sforzato di dimostrare, antichissimo al certo è quello che lo ha prodotto e debb'essere durato a lungo » (¹).

Durante gli anni 1820 e 1821, per iniziativa dell'Accademia Reale di Stoccolma, furono tracciati segnali sulla costa svedese per verificare la rapidità relativa di questi movimenti. Nel 1834 alcuni di tali segni erano esaminati

(¹) *Conchiologia fossile subappennina*, ed. II, Milano 1855, vol. I, p. 37.

da Lyell, il quale ne inferiva che il suolo si fosse alzato, nell'intervallo, di 100 a 125 millimetri.

Poco appresso (1842) Darwin, avendo compiuto, durante il suo memorabile viaggio intorno al mondo, uno studio diligentissimo delle isole e delle scogliere madreporiche, ne desumeva un nuovo efficacissimo criterio per riconoscere le aree di depressione e di sollevamento, che Dana doveva di poi avvalorare colle proprie osservazioni.

Frattanto Babbage (1835) e Herschel (1837) procuravano di spiegare mediante ingegnose ipotesi le cause determinanti dei bradisismi; altre erano proposte all'uopo successivamente da Bronn (1841), Humboldt (1845), Bischof (1847-1848), Sterry Hunt (1858).

Giova pur ricordare come nel 1830 uscisse la prima edizione dei *Principles of geology* di Lyell, in cui la questione dei lenti movimenti del suolo è trattata sotto i suoi varî aspetti, con ampio corredo di osservazioni e mirabile larghezza di vedute. Dal sunto storico della geologia compreso in questa classica opera ho desunto parte degli elementi del presente capitolo.

Si occuparono posteriormente dello stesso soggetto da un punto di vista generale: Virlet d'Aoust [1], A. de Laveleye [2], O. Peschel, Volger e Mohr, Hébert [3], Trautschold [4], Boccardo [5], E. Tissot [6], Reclus, Hahn [7], Toula [8], Girard [9]. Al Reclus si deve il

(1) *Essai d'une théorie des oscillations séculaires de la surface du globe*, Paris 1849.

(2) *Affaissements du sol et envasement des fleuves*, Bruxelles 1859.

(3) *Les oscillations de l'écorce terrestre pendant les periodes quaternaire et moderne*, Auxerre 1866.

(4) *Ueber saeculare Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche*, Moskau 1869.

(5) *Sismopirologia*, Genova 1869.

(6) *Les mouvements des montagnes*, Annecy 1876.

(7) *Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten*, Leipzig 1879.

(8) *Ueber die säcularen Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche*, 1880.

(9) *Les soulèvements et depressions du sol sur les côtes*, Paris 1876.

primo tentativo di mappa in cui sono graficamente distinte le aree e zone che si sollevano e quelle che si adimano [1]. Per quanto riguarda in particolar modo il sollevamento delle montagne, meritano di essere menzionati dopo i noti lavori di Elie de Beaumont, quelli di Suess, Stapf, Gumbel, Heim e gli studi sperimentali di Gorini e di Spring.

Finalmente tra le speciali indagini eseguite da naturalisti e geografi intorno ai movimenti verificatisi in molti punti del globo piacemi di ricordare quelle di Bravais, Paoli, Virlet d'Aoust, Pettersen, Kjerulf, Pissis, Wintle, Hochstetter, Moro, Quénault, Luciani, Lehmann, ecc.

Riserbandomi di trattare nei successivi capitoli delle dottrine professate dai moderni e delle osservazioni da essi raccolte intorno al soggetto di cui tengo discorso, basterà l'aver citato qui nomi e date.

(1) *La terre, description des phénomènes de la vie du globe,* I, pl. XXIV.

PARTE SECONDA

DEI BRADISISMI IN GENERE

I. STABILITÀ RELATIVA DEL LIVELLO MARINO.

L'ordine che mi sono prefisso in questo studio mi conduce ad occuparmi ora dei criterî mediante i quali si possono riconoscere le traccie dei bradisismi positivi e negativi, riserbando ad altro capitolo le indagini relative ad ulteriori distinzioni.

Ma prima di procedere a questa disamina giova accennare ad una gravissima questione pregiudiziale. Allorchè si considerano come criterî di sollevamento le traccie, i residui di qualsiasi genere abbandonati dal mare ad una certa distanza dalle sue rive, ad un dato livello sopra le sue acque, quando all'incontro si citano quali segni di avvallamento gli edifizi sommersi, le foreste invase dal mare, le coste a picco, le isole anulari, le barriere madreporiche, si ammette implicitamente che il livello medio degli oceani sia invariabile e che soltanto la corteccia solida del nostro globo vada soggetta a spostamenti, a fluttuazioni. Or bene questa supposta immutàbilità del livello marino fu negata da molti, non solo quando la scienza era ancora bambina, ma anche dopo i recenti progressi della stratigrafia e della paleontologia ed è ancora revocata in dubbio da autorevoli scienziati, colla scorta di argomenti assai gravi. Si vedrà ora fino a qual segno convenga tener conto nel caso nostro di queste obbiezioni.

Non v' ha dubbio che un mutamento nelle condizioni meteorologiche e specialmente termiche del nostro pianeta possa dar luogo all'aumento di una delle callotte di ghiaccio polari e alla diminuzione dell' altra; non v' ha dubbio del pari che una tale alterazione nella massa rispettiva delle due ghiacciaie determinerebbe un mutamento della posizione del centro di gravità della terra e quindi una traslazione di parte delle acque del mare da un emisfero all' altro. Ecco come cause puramente meteorologiche possono aver influenza grandissima sulla emersione e sulla immersione dei continenti.

Mutamenti nelle condizioni meteorologiche alla superficie del globo possono avvenire per le cause seguenti:

1.° Diminuzione della temperatura iniziale del pianeta:

2.° Cambiamento nella obliquità dell' eclittica;

3.° Effetti combinati della precessione degli equinozi e della eccentricità dell' orbita terrestre;

4.° Mutamento nella distribuzione rispettiva delle terre e delle acque;

5.° Mutamento nella posizione dell' asse di rotazione della terra;

6.° Variazione nella copia del calorico irradiata dal sole;

7.° Variazione nella temperatura degli spazi celesti.

Io non posso pretendere di discutere queste cause; ma credo utile di esporre in proposito alcune osservazioni generali.

La causa indicata al n.° 1 sarebbe certamente troppo lenta, qualora sussistesse, per dar luogo nel caso nostro a fenomeni apprezzabili; e d' altra parte facendosi sentire su tutta la superficie del globo, non eserciterebbe verosimilmente azione sensibile sull'altitudine delle acque.

La causa distinta col n.° 4 si compenetra coll' oggetto precipuo della mia memoria. Come si vedrà in seguito, non è irragionevole il supporre che i mutamenti nella

estensione dei continenti e delle acque, e nei loro rapporti reciproci, possano avere anche indirettamente una azione sul livello delle acque.

Circa le cause registrate ai numeri 6 e 7, i dati posseduti dall'astronomia sono, io credo, troppo ipotetici perchè convenga tenerne conto nelle presenti considerazioni.

Le cause 2.ª, 3.ª e 5.ª sono invocate in varî sistemi che hanno principalmente per oggetto di spiegare talune delle periodiche vicende subite dal globo e in particolar modo le fasi glaciali.

Troviamo traccia del concetto di uno spostamento del centro di gravità della terra negli scritti di Robert Hocke (1688). Un Bertrand de Hamburg pretendeva dimostrare in uno suo scritto comparso nel 1779 (*Renouvellement périodique des continents*), che le acque passassero alternativamente da un emisfero all'altro per effetto di spostamenti nel centro di gravità della terra e questi fossero provocati dalla attrazione esercitata dalle comete sopra un nucleo interno di ferro magnetico.

L'opera pubblicata nel 1824 da R. Philipps col titolo *Ueber der nachsten Ursachen der materiellen Erscheinungen des Universums*, di cui trattò diffusamente il Keferstein nel 1834 (¹) (memoria che conosco soltanto per una citazione del Toula (²)), spiega la trasposizione delle acque del mare alla superficie terrestre invocando fatti astronomici.

Boucheporn attribuì le rivoluzioni della superficie del globo all'urto delle comete. Questi corpi celesti incontrandosi colla terra, ne avrebbero cangiato l'asse di rotazione, inducendo in essa notevoli mutamenti di forma tra i quali anche il sollevamento delle montagne (³). Le cogni-

(¹) *Naturgeschichte des Erdkörpers*, Leipzig 1834.

(²) *Opera citata.*

(³) *Études sur l'histoire de la terre*, 1844.

zioni che ora si possiedono sulla natura delle comete escludono ogni verosimiglianza a siffatta interpretazione.

Anche F. Klee in un libro sul diluvio (*Le déluge*) invocò il mutamento dell' asse del globo per ispiegare le vicende geologiche.

La prima ipotesi di questo genere che fissò l'attenzione degli scienziati e diede luogo a serie discussioni è quella di d'Adhémar [1].

Il fondamento della dottrina di d'Adhémar si può riassumere nelle seguenti proposizioni:

Per effetto della precessione degli equinozi, combinata con mutamenti nella eccentricità dell' orbita terrestre dovuti ad attrazioni planetarie, il numero dei giorni e delle notti nei due emisferi risulta disuguale. Il polo australe, in cui, nell' anno, la durata delle notti supera quella dei giorni di 168 ore, perderà più calore di quanto ne riceva. Perciò si formerà intorno a questo polo un ammasso di ghiaccio maggiore di quello che si avrà al polo opposto e la differenza andrà sempre crescendo. Quando la callotta di ghiaccio australe avrà raggiunto una certa potenza, si troverà in contatto del fondo marino e da quel punto aumenterà più rapidamente in altezza. Intanto succederà necessariamente che il centro di gravità del globo si sposterà, si allontanerà dal centro di figura per portarsi verso il detto polo e seco trascinerà parte delle acque marine, risultandone emersione di fondi nelle regioni boreali e sommersione di terre nelle australi.

La traslazione delle acque da un emisfero all' altro, secondo d'Adhémar, si effettuerà lentamente; poi la callotta di ghiaccio, cessando di essere sostenuta dalle acque adiacenti, si infrangerà e gran parte di essa sarà trascinata in massi enormi verso l' equatore. Ritornato il polo

[1] *Révolutions de la mer, déluges périodiques*, Paris 1842. 2.ª ed., Paris 1860.

antartico nella condizione normale, si ripeterà al polo opposto la medesima serie di fenomeni.

La durata di ciascun periodo sarebbe, secondo l'autore precitato, di 10500 anni, per cui l'intero ciclo si compirebbe in 21000. Il raffreddamento dell' emisfero australe, e per conseguenza il riscaldamento del boreale, sarebbero incominciati, egli crede, verso il 1248 e già si avrebbero prove dirette del fenomeno; sufficientemente progredita la fase di cui si tratta, i continenti artici dovrebbero essere abbandonati dalle acque e gli antartici all' incontro inondati.

L' ultima fase glaciale subita dal pianeta, corrispondente all' agghiacciamento della regione polare artica, sarebbe pervenuta al suo massimo circa 111 secoli addietro.

Herschel pose in chiaro che la quantità di calore che la terra riceve dal sole, mentre percorre una parte qualunque della sua orbita, è proporzionale all' angolo descritto intorno al centro del sole, e ne trasse la conseguenza che, malgrado la precessione degli equinozi, vi fosse compensazione nella quantità di calore ricevuta dai due emisferi. Ma da questo fatto non consegue, come ammisero Babinet e Lyell, che il calore si distribuisca ugualmente nei due emisferi; ciò perchè, come avverte Humboldt, deve esservi un maggior raffreddamento nell'emisfero australe a motivo dell' irradiazione.

Questa ipotesi di d' Adhémar fu adottata e sviluppata da Le Hon (1), da Jouvencel (2) ed altri.

Il dottor Croll, autore di profondissimi studi sui mutamenti secolari nei climi (3) non nega il fatto della

(1) *Périodicité des grands déluges*, 1858.

(2) *Les déluges*, Paris.

(3) *Philosophical Magazine*, XXXVI, 1868. — *On ocean currents in relation to the physical theory of secular changes of climate*, *Phil. Magazine*, 1870. — *On the glacial epoch, Geological Magazine*, 1874. — *Geological Magazine*, 1879.

precessione degli equinozi possa avere avuto ed abbia tuttora una influenza non lieve sopra i climi; ma non crede che l'ultima epoca glaciale dell'emisfero settentrionale sia avvenuta or sono 10000 anni. Egli attribuisce i maggiori mutamenti climatologici alle variazioni lente nella eccentricità dell'orbita terrestre combinate colla precessione degli equinozi, e, calcolati gli effetti di queste variazioni per lunga serie d'anni, giunge alla conclusione che nell'emisfero nord l'ultima fase glaciale risalirebbe ad oltre duecentomila anni. L'antichità e la durata di questa e delle altre fasi climatologiche del globo nella serie dei tempi geologici, quali risultano da tali indagini, si accordano coi dati della paleontologia e della stratigrafia (¹). Croll ammette che la formazione di una potente callotta, ora al polo artico ora all'antartico, possa indurre sensibili spostamenti temporari nel centro di gravità della terra e quindi traslazione d'acque; ma in proporzioni assai minori di quelle supposte dal d'Adhémar. Non crede poi alla possibilità di violenti e repentini disfacimenti (*débacles*) di ghiacciai polari.

Considerando che il rivestimento di ghiacci continui scende nelle regioni antartiche fino a 70° di latitudine cioè ad oltre 2000 chilometri dal polo, ed ammettendo che l'inclinazione generale del ghiacciaio sia di un mezzo grado, Croll ritiene che la spessezza di esso al polo raggiunga 19 chilometri. Da ciò si ha un criterio per argomentare qual fosse la potenza dei ghiacciai nell'Europa settentrionale durante l'ultima fase frigida. Basterebbe, egli soggiunge, supporre sottratti 3 chilometri di ghiacci al polo meridionale e aggiunti al settentrionale per ispiegare tutti i fenomeni osservati in Inghilterra in ordine

(¹) L'ipotesi di Croll fu adottata da non pochi naturalisti; fra gli altri, fino ad un altro certo segno, da Wallace (vedasi l'opera intitolata *Island life*, London 1880, capitolo XIII).

all'epoca glaciale. Una tale accumulazione d'acqua allo stato solido avrebbe per conseguenza di rialzare il livello del mare di 100 a 200 metri [1].

Io non intendo profferire un giudizio assoluto sopra il valore di questi sistemi; ma non essendo dimostrata la loro erroneità ed avendo essi ottenuta l'adesione di scienziati eminenti, parmi non superfluo il farne cenno; poichè se un giorno dovessero considerarsi non più come ipotesi, ma quale espressione della verità, è chiaro che certi mutamenti di linee litorali non potrebbero più essere attribuiti ai bradisismi.

Molti naturalisti, sia nel passato, sia nell'attualità, ammisero che il livello del mare fosse instabile per cause inerenti alla terra stessa.

Fin dal secolo scorsó Werner notava che se si avessero prove sicure che il livello del mare è rimasto costante per lungo periodo di tempo, bisognerebbe inferirne che la copia delle sue acque è scemata di una quantità ragguardevole, giacchè altrimenti si sarebbe alzato per effetto delle ghiaie, delle sabbie, dei detriti diversi recati ad esso dai fiumi e dai torrenti e depositati sul suo fondo.

Manfredi, volendo computare l'influenza che il complesso dei materiali trasportati da tutti i fiumi del globo può aver esercitato sul livello dell'oceano, trovò che questo si sarebbe accresciuto di 92 centimetri in 2000 anni, cioè di cent. 4, 6 per secolo. Senonchè, siffatto calcolo è fondato su dati troppo incerti perchè esso abbia qualche valore, ed oltre a ciò Manfredi ammetteva erroneamente che l'acqua dei fiumi travolgesse in media $\frac{1}{175}$ del proprio volume di materie terrose, mentre sappiamo che le acque

(1) *Geological Magazine*, 1874.

del Po, uno dei fiumi più ricchi di torbe, portano nei momenti di maggior piena appena $\frac{1}{800}$ di tali materie [1].

In un libro che levò a' suoi tempi molto rumore [2] De Maillet sosteneva che il globo fosse stato originariamente circondato dalle acque, le quali scemate a poco a poco, avrebbero lasciati i continenti allo scoperto. Deluc propugnava il medesimo principio, e, a spiegare l'abbassamento delle acque marine, invocava il supposto che fossero penetrate in sotterranee caverne. Già vedemmo che il nostro Brocchi considerava come assai probabile una lenta diminuzione del mare.

Uno degli ultimi e certo il più valente propugnatore del principio di cui si tratta è Trautschold. Se si ammette, egli dice, che si sollevino masse montuose, non si potrà negare che in pari tempo si formino dei vuoti corrispondenti nella corteccia terrestre; ora questi dovranno essere occupati per necessità dalle acque marine e il mare per conseguenza subirà un abbassamento. Le montagne sollevatesi durante i periodi pliocenico e postpliocenico avranno quindi provocato una diminuzione generale nel livello delle acque. D'altra parte, se si consideri che da tempo incommensurabile i minerali anidri sottraggono acqua direttamente o indirettamente agli oceani e ai bacini lacustri e palustri per convertirsi in minerali idrati, che altra acqua è meccanicamente ritenuta dalle roccie, che una certa quantità dello stesso liquido è assorbita e immobilizzata dagli animali e dalle piante, che molta si evade pei meati del terreno e penetra nell'interno fino ad ignote profondità, che di quest'acqua una piccolissima parte soltanto, per mezzo

[1] Bianchi, *Op. citata*, II, p. 317.

[2] Telliamed (anagramma di De Maillet), *Entretiens d'un philosophe indien avec un missionaire français sur la diminution de la mer, la formation de la terre* etc. Quantunque pubblicato nel 1748, questo libro fu scritto tra il 1715 e il 1716.

dei crateri vulcanici, dei soffioni e dei *geyser* è restituita al comune serbatoio, si ammetterà senza dubbio che in lungo periodo di tempo la massa delle acque superficiali deve essere necessariamente scemata, con notevole abbassamento del livello marino.

Secondo Seeman, infatti, il peso dell'oceano non sarebbe che una tenue frazione ($\frac{1}{24000}$) di quello della terra. Per cui il complesso delle acque terrestri risulterebbe appena sufficiente ad impartire a tutte le roccie del globo una idratazione 300 volte minore della media che le roccie superficiali sono suscettibili di conseguire ([1]).

Trautschold adduce in appoggio alla sua tesi l'estrema regolarità delle formazioni di sedimento che costituiscono il suolo della Russia ([2]).

Dai depositi siluriani fino ai cretacei s'incontra in questa regione, procedendo da levante a ponente, una serie non interrotta di strati, per lo più ricchi di fossili, che si succedono sotto forma di zone parallele. Essi sembrano altrettante formazioni littorali depositate in seno ad un mare, di cui il Caspio e l'Aral sarebbero gli ultimi residui. Per questa sua costituzione geologica così semplice e facile ad interpretarsi, la Russia è una regione assai acconcia per lo studio della evoluzione organica nella serie dei tempi. Osservazioni consimili possono farsi a proposito dell'America settentrionale, ove s'incontrano sopra vaste estensioni depositi successivamente più antichi, decrescenti in altitudine.

Alle dottrine di Trautschold si possono opporre prima di tutto le obbiezioni seguenti:

La diminuzione delle acque per effetto dell'idratazione è neutralizzata in gran parte dai materiali solidi portati

([1]) *Bulletin de la société géologique de France*, 2.ª serie, vol. XVIII, pag. 325.
([2]) *Zeitschrift der deutsche geologischen Gesellschaft*, XV Band.

al mare dai fiumi e dai torrenti, materiali tanto più copiosi quanto maggiori sono le aree d' erosione determinate dai sollevamenti, ciò anche prescindendo dai prodotti vulcanici che si riversano in mare; si oppone anche loro l' osservazione che molte roccie superficiali non sono suscettibili di passare direttamente alla condizione idrata, che altre si idratano con estrema lentezza e solo in piccola parte, che l' alterazione periferica impedisce o ritarda un' alterazione delle masse più profonde, che ad una profondità relativamente lieve, della corteccia terrestre, l' azione dell' alta temperatura fa ostacolo alla combinazione degli elementi delle roccie coll' acqua, non solo, ma può anche determinare la scomposizione dei minerali già idrati e il prosciugamento delle roccie pregne d' umidità.

L' idratazione che i graniti, le trachiti, i micascisti, i gneiss, i basalti subiscono nelle condizioni normali per effetto degli agenti atmosferici è relativamente piccola; ma sta il fatto che queste roccie triturate e convertite in materiali fangosi e quindi in argille, scisti ecc., si appropriano una porzione non lieve d' acqua. In tal caso, tuttavolta, parte degli elementi della roccia è passata in soluzione ed è venuta quindi ad aumentare la massa liquida.

In conclusione, quantunque nello stato presente della scienza mi sembri incauto lo accettar come verità dimostrata qualcuna delle ipotesi cui ho accennato, non è men vero che il fatto della instabilità del livello marino nella serie dei tempi apparisce probabilissimo, e ciò principalmente per le seguenti cause indipendenti dai bradisismi:

1.° Spostamento del centro di gravità della terra per le variazioni d' ampiezza e di potenza che si verificano nelle callotte glaciali all' uno o all' altro polo, in conseguenza della precessione degli equinozi combinata colla eccentricità dell' orbita terrestre.

2.° Idratazione delle roccie.

3.° Immissione nei bacini oceanici dei materiali tolti ai continenti dalla denudazione.

Ammessa la instabilità del livello marino, non sarebbero perciò giustificati i dubbi avanzati da Trautschold e da altri sulla esistenza dei bradisismi regionali, poichè *in varî punti del medesimo emisfero* si hanno prove patenti di spostamenti simultanei *in senso inverso* e con diversa intensità, e nello stesso punto si verificano bene spesso a breve intervallo di tempo oscillazioni in senso inverso che non si accordano affatto colle ipotesi suesposte. Rimane poi acquisito alla scienza, come si vedrà, il fatto di oscillazioni lente del suolo direttamente accertate mediante livellazioni e traguardi.

II. Criteri per rintracciare i bradisismi in genere.

Premessi questi cenni, porgerò una semplice enumerazione dei criterî, mediante i quali possono essere riconosciuti gli spostamenti nelle linee littorali, sia positivi, sia negativi, per accingermi di poi ad un esame particolareggiato di quelli che hanno più generale applicazione o che, formando oggetto di controversia, meritano più ampie dilucidazioni.

Sollevamenti. — I casi in cui la terra emersa cresce a spese del mare, dovuti il più delle volte a sollevamenti, si manifestano con:

A. Spiagge emerse per un tratto più o meno lungo, come son quelle di *Pisa* e *Livorno*, del Mar Rosso, del Chilì settentrionale, del Perù.

B. Cordoni littorali, che risultano dalla azione combinata di una lenta emersione della spiaggia, dei flutti e dei venti, situati ad una certa distanza dal mare; come se ne osservano sulle coste della Sardegna, presso *Tunisi* ecc.

C. Banchi e scogliere madreporici, situati a variabile altezza sul livello del mare e ad una certa distanza da esso, come se ne osservano all'isola *Maurizio*, a Madagascar, alle Antille ecc.

D. Scogliere più o meno elevate sul mare, perforate da molluschi che sogliono annidarsi nel sasso, come le foladi, i litodomi o datteri di mare ed altri.

Questi molluschi vivono tutti sotto il livello della bassa marea e praticano nelle roccie fori larghi e lunghi quanto il proprio guscio, fori che per la forma particolare e la regolarità agevolmente si riconoscono.

E. Conchiglie marine fossili o subfossili, libere o accluse in alcuna formazione recente (arenaria, conglomerato) come si vedono presso *Nizza*, presso *Cagliari*, all'isola d'*Ischia*, sulle coste di *Tunisi* ecc.

Dalla proporzione rispettiva delle specie e varietà viventi ed estinte, si può giudicare fino ad un certo punto della loro antichità relativa.

F. Terrazzi paralleli alla costa, scaglionati a varie altezze sul livello del mare, come se ne osservano sui lidi della Scozia, della Sardegna, della Sicilia. Questi terrazzi dipendono parte dalla erosione littorale, parte da antichi depositi di mar sottile.

G. Antiche ripe erose, scavate dal moto ondoso del mare, sollevate poi più o meno sul suo livello. Scogli scoscesi a guisa di obelischi o di pilastri (talvolta forniti di solcature orizzontali ad un livello costante), più o meno lontani dal mare o sollevati sulla sua superficie.

H. Isole divenute penisole, golfi e baie fattisi più angusti o convertiti in stagni o lagune, canali e stretti divenuti più angusti, meno profondi e impraticabili alle navi. Secche comparse ove il mare era libero, secche già note convertite in isole (sono d'ordinario isole pianeggianti formate di sedimenti marini), condizioni idrografiche mutate per

diminuzione di fondo. Il primo caso si è verificato lungo il litorale siberiano ove l'isola *Diomida*, che ora è unita al continente, era in tempi storici circondata per ogni parte dal mare.

Ben s'intende, trattandosi di mutamenti nelle condizioni idrografiche dei mari, che non debbono attribuirsi ai movimenti della corteccia terrestre se non quando si è certi che sono estranei alla sedimentazione, all'accrescimento dei banchi coralligeni e ad altre cause estrinseche.

I. Avanzi di costruzioni originariamente fondate in mare, ora situate ad una certa distanza da esso e ad una certa altezza sul suo livello. Resti di navi antiche, ancore ed altri attrezzi navali giacenti entro terra, all'asciutto. Queste circostanze si verificano sulle coste della Scandinavia e della Scozia.

Avvallamenti. — Le traccie di avvallamenti si manifestano con minor frequenza e consistono principalmente in ciò:

A. Scogliere tagliate a picco, scoscese, incavate sotto al livello del mare dalla azione distruttiva dei flutti; sui lidi bassi, spiagge strette con sabbie poco profonde.

B. Penisole convertite in isole (come il promontorio denominato *Mont-Saint-Michel*, in Normandia, ora circuito dal mare); secche, scogliere, isole scomparse di cui si conservano antiche memorie; lagune, stagni, laghi comunicanti col mare più o meno ampliati o cangiati in golfi e baje. S'intende che tutti i fenomeni anzidetti possono ripetere l'origine loro non solo dai movimenti del fondo, ma anche dalla erosione prodotta dalle correnti o dalle onde; quindi convien usar molta circospezione, nell'apprezzarne il significato.

C. Alle foci dei fiumi, la profondità straordinaria del letto; nelle formazioni d'estuario, la potenza grande dei depositi fluviali discendenti molto al di sotto del livello marino, come avviene per l'appunto nella laguna veneta. Un

tal fatto, d'altronde, non può accertarsi che in casi speciali, laddove cioè si eseguiscono fori artesiani o pozzi, o dove esistono sezioni naturali o artificiali.

D. La presenza nei bassi fondi di mozziconi di legno, resti di antiche foreste.

Fa d'uopo aver presente in proposito che si danno esempi di territori coperti di copiosa vegetazione arborea e pur più bassi della superficie dell'oceano, i quali, per effetto di circostanze accidentali, indipendenti dai bradisismi (rottura di dighe, mareggiate straordinarie ecc.), possono essere invasi dalle acque salse.

Ove l'abbassamento sia avvenuto in tempi storici, antiche costruzioni, colonne, ruderi, tombe, strade sommersi, come si osserva nell'isola di *Malta*, lungo le due rive dell'Adriatico ed in altri luoghi.

Nelle città, antichi pavimenti sottoposti a quelli delle vie e degli edifizi odierni, la depressione del suolo avendo costretto gli abitanti a rialzare i piani stradali e i terreni delle case e dei templi per sottrarli alle inondazioni sempre più frequenti e alle infiltrazioni del sottosuolo.

E. Attorno alle coste dei continenti ad una certa distanza da essi, nei mari tropicali ed equatoriali, barriere madreporiche, negli stessi mari, gli *atoll* o isole madreporiche anulari.

Gli edifizii madreporici di questi tipi forniscono il criterio più sicuro per riconoscere gli avvallamenti dei fondi coralligeni, criterio la cui scoperta è dovuta a Darwin.

F. Nelle piccole isole, ampie valli fluviali e torrenziali formate da corsi d'acqua scomparsi, avanzi fossili e subfossili di grossi mammiferi, i quali non potrebbero vivere attualmente in così angusto spazio. A *Malta*, a cagion d'esempio, si trovano appunto le traccie di grandi corsi d'acqua scomparsi e resti d'ippopotamo e d'elefanti di varie specie. Senonchè questi fatti accennano per lo più ad

epoche remote e solo in casi eccezionali possono addursi come prove di fenomeni attuali.

Nell'interno, massime nelle regioni montuose, livellazioni assai esatte in direzioni appropriate e misure ipsometriche di precisione ripetute a lunghi intervalli di tempo, potranno somministrare indicazioni preziose. Si ricorrerà poi con vantaggio in certi punti al confronto della odierna livellazione cogli antichi studi eseguiti per l'impianto di ferrovie, canali ecc.

Oltre a questi criterî, la cui applicazione vale a dimostrare i bradisismi compiuti da tempo più o meno remoto, lo studioso può ricorrere, ove sia possibile, ad osservazioni dirette e sistematiche, mediante le quali il fenomeno si segua per così dire passo passo. In riva al mare si prestano a tali osservazioni i mareografi, i quali col segnare automaticamente l'altezza delle acque marine somministrano con tutta la precisione desiderabile il valore dei mutamenti che per avventura si verificassero nei rapporti reciproci del livello medio marino e della costa.

In mancanza di mareografi propriamente detti, riusciranno utilissime quali termini di confronto, linee orizzontali tracciate sulle rive a picco ad altezza determinata sul livello del mare.

Bradisismi che si producono lungi dal mare. — Nell'interno dei continenti, i bradisismi si scoprono colla osservazione di mutamenti avvenuti nel livello rispettivo o nell'allineamento di due o più punti culminanti. A cagion d'esempio, nella provincia di *Zamora* in Ispagna si vedeva, nel 1847, dalla piazza del villaggio di *Villar Don Diego* la punta del campanile di *Benifarces* nella provincia di *Valladolid.* Dopo 23 anni era ben visibile la metà superiore di detto campanile; e siccome tutto all'intorno l'orizzonte si era fatto più esteso se ne argomentava che il territorio nel quale sorge *Villar Don Diego* si fosse alquanto sollevato.

Mutamenti progressivi nel regime delle acque correnti e dei laghi sono suscettibili di spargere qualche luce su quest' ordine di fatti. Ma nel primo caso come nel secondo l'apprezzamento di tali criteri è oltremodo difficile e le cause d' errore son numerosissime.

Criteri accessori. — Molto subordinatamente sono ancora a ricordarsi i criteri climatologici, biologici e linguistici. È chiaro che col rialzarsi del terreno gli inverni si fanno più lunghi e più rigidi, si accresce l' umidità e nelle regioni montuose o prossime ai poli, si estendono i limiti dei ghiacciai e delle nevi perenni, mentre i fenomeni inversi si debbono produrre coll' avvallamento. Senonchè il clima suol essere influenzato da tali e tante circostanze, ed è per sua natura così instabile, che praticamente esso non può offrire mezzo efficace per agevolare le nostre ricerche.

Similmente, non v' ha dubbio che la flora e la fauna di un territorio non solo sono dipendenti dalle sue presenti condizioni geografiche e topografiche, ma conservano per così dire un riflesso di ciò che fu in passato; non è quindi irragionevole il voler trarre dallo studio degli animali e delle piante qualche induzione intorno alle condizioni originarie della patria loro. Anche qui per altro la questione è complicata da influenze numerosissime in parte note in parte misteriose. Inoltre, il carattere della fauna e della flora essendo influenzato dalle più antiche vicende del paese non meno che da suoi recenti mutamenti, ne segue che, salvo circostanze singolarmente favorevoli, non è quasi possibile ricavar da quest' ordine di fatti alcuna deduzione sicura relativa ad una epoca ben determinata.

Ma se dalla zoologia e dalla botanica non è lecito sperare un valido aiuto nello studio dei fenomeni di cui tengo discorso, si vedrà in seguito come la distribuzione dei bradisismi nello spazio e nel tempo possa dar luogo a

considerazioni molto feconde in ordine ai rapporti reciproci delle diverse faune e flore.

Finalmente, si dà il caso che la linguistica stessa abbia a porgere aiuto alla geologia, accennando, mercè l'etimologia di certe denominazioni geografiche, ad un' antica condizione di cose ben diverse dalla odierna. Così, per esempio, Scandinavia significa isola di *Scand* ed è indizio che quella terra fu in passato circondata dal mare. Si vuole che il vocabolo *Bothnia* alluda ad un mare ora prosciugato. *Axholm* (*Axel-holm*), nome di una penisola della contea di *Lincoln*, deriverebbe invece da isola di Axel (¹).

III. Apparato littorale e sue modificazioni per effetto dei movimenti del suolo.

Nella enumerazione dei criteri da mettersi in opera per rintracciare i bradisismi occupano un posto importante quelli che sono desunti dalla forma e dall' ampiezza dell' apparato littorale e dalle modificzioni che esso subisce coll' andar dei tempi.

Allorchè si applicano questi criteri bisogna innanzi tutto aver presente che, indipendentemente dai bradisismi, esso apparato subisce in molti luoghi rapidi mutamenti nella forma e nell' ampiezza, ora dovuti alla sedimentazione ora alla erosione.

Formazione delle spiagge. — In Italia e in Francia ebbe credito fino a questi ultimi tempi la teorica detta di Montanari, sostenuta di poi da Mercadier, Venturoli, Paleocapa, Possenti, secondo la quale i sedimenti littorali, e in particolar modo quelli che riescono tanto esiziali ai porti e canali, dipendono principalmente da una corrente littorale, la quale nel Mediterraneo corre da E. a O.

(¹) *Saturday Review*, XVII, 1864.

Ma ora prevale l'opinione già esposta da Castelli, Boscovich, De Fazio, Zendrini, ai nostri tempi validamente propugnata da Cialdi ([1]) e sostenuta da Tessan, Chevalier, Voisin ecc. che cioè la causa principale di questo trasporto debba ripetersi dal moto ondoso del mare.

Per la sua complicazione la teorica delle onde sfugge ad una precisa analisi matematica e non è quasi suscettibile di somministrare dati positivi sulla loro potenza meccanica, sui loro effetti ecc. Ma un gran numero di fatti osservati da testimoni degni di fede e riferiti dagli autori dimostrano pienamente quanto sia energica la loro azione non solo sulle rive, ma anche ad una profondità grande, che il Cialdi stima, pel Mediterraneo, di oltre 150 metri, soggiungendo che non può negarsi anche a quella profondità *un' azione di triturazione e di vagliamento* ([2]).

Secondo d'Orbigny concorrerebbero a costituire i sedimenti marini gli affluenti terrestri, il logoramento delle coste e i corpi organici nelle proporzioni seguenti:

Affluenti terrestri . . .	4
Logoramento delle coste . .	10
Corpi organici	2
	16

Alessandro Cialdi attribuisce su cento parti, negli interrimenti del Mediterraneo ([3]).

Agli affluenti terrestri . .	30
Alla corrosione delle rive . .	20
Ai corpi organici . . .	50
	100

([1]) *Sul moto ondoso del mare e su le correnti di esso*, Roma 1866 — *Dei movimenti del mare sotto l' aspetto idraulico nei porti e nelle rive*, Milano 1876.

([2]) *Dei movimenti del mare sotto l' aspetto idraulico nei porti e nelle rive*, p. 77.

([3]) *Opera citata*, p. 71.

E per l'Adriatico:

Agli affluenti terrestri . .	35
Alla corrosione delle rive . .	5
Ai corpi organici . . .	60
	100

Qualunque sia la parte rispettiva che i flutti e le correnti possono avere nella erosione e nel logoramento delle rocce, nella triturazione, nel disfacimento e nel trasporto dei materiali tolti alle coste e ai fondi, è certo che questi materiali rigettati in copia sul lido, sotto forma di ciottoli, ghiaie, sabbie, melme, concorrono ad impartire al lido stesso una forma nei singoli casi caratteristica.

I principali casi da distinguersi sono quelli delle coste lievemente inclinate e delle ripe o coste più o meno scoscese, in francese *falaises*.

Coste scoscese. — Allorchè il mare batte una di queste, la corrode alla base e la demolisce, provocando lo scoscendimento delle parti che strapiombano; così forma d'innanzi ad essa un cumulo di detriti che a lungo andare si protende a mo' di piano inclinato. In tal guisa la ripa rimane difesa da una spiaggia, la cui inclinazione va diminuendo gradatamente e i cui materiali si fanno di più in più sottili; nei primi tempi i flutti la raggiungono ancora durante le grandi mareggiate, poi grado grado il battente del mare se ne allontana. Pervenuta a tal condizione, la costa può essere assimilata alla spiaggia di cui esporrò in breve le condizioni d'equilibrio. Questa successione di fatti si verifica quando non sopraggiunge nessun cambiamento; ma se il littorale lentamente si avvalla, la difesa che i detriti della ripa oppongono alla medesima rimane eliminata a misura che questi si formano, e l'opera demolitrice del mare procede senza interruzione con una rapidità talvolta prodigiosa. Così il capo *de la Hève*

presso *le Havre* ha perduto dal 1100 fino ad ora non meno di 1400 metri, quasi 2 metri all'anno, e incessantemente retrocede.

Quando invece il terreno si sollevi, la piccola e ripida spiaggia formata da quei detriti rapidamente si estenderà, e così l'urto dei marosi sulla ripa non avverrà che di tempo in tempo, ad intervalli sempre più lunghi, poi cesserà affatto. La ripa, ormai distante dal battente del mare, sarà tuttavolta riconoscibile per le erosioni più o meno profonde di cui porterà le traccie e bene spesso pei fori di litofagi. E quando fosse in gran parte distrutta, i suoi avanzi si renderanno manifesti per le forme loro capricciose.

Le erosioni consistono d'ordinario in cavità più o meno estese praticate dal mare, qualche volta in vere caverne basse e profonde, allineate parallelamente al littorale, come quelle che si osservano in vari punti della *Riviera di Ponente;* oppure sono solchi orizzontali corrispondenti al livello al quale l'azione distruttiva dei flutti è più energica, od anche ad interstrati e a zone meno resistenti della roccia. Altre volte si manifestano in rupi scoscese, di forme bizzarre, che ricordano ruderi di colonne, pilastri irregolari, vasi di fiori ecc. Tali sono le *Rupi del Nord* alle *Bermude* descritte e figurate nel manuale di geologia di Lyell (1); tali sono certi scogli granitici situati all'estremità orientale dell'isolotto detto il *Galitone* (presso il littorale tunisino), i quali, veduti da lontano, svegliano l'idea di un gruppo d'uomini, di statura gigantesca in varie attitudini. I flutti marini che acquistano in quelle località grande ampiezza e potenza, percuotendo con furia il masso granitico del *Galitone*, penetrarono fra le sue anfrattuosità, ne separarono enormi frammenti e foggiarono quegli strani pilastri destinati essi pure a scomparire.

(1) *Manuel de géologie élémentaire*, trad. Hugard, Paris 1863, p. 142.

B a y f i e l d ([1]) fece conoscere simili pilastri (*flower-pott*) osservati in vari punti lungo il littorale del golfo di *S. Lorenzo* e delle sue isole e specialmente delle isole *Mingan*, ad una certa distanza dal mare. Ai solchi orizzontali di questi scogli corrispondono cordoni di ghiaie marine, con conchiglie recenti, fra i quali il più alto supera di circa 20 metri il livello dell'alta marea.

In molti luoghi dai quali il mare si è recentemente ritirato, le erosioni cui accennava non sono più visibili o perchè le roccie erano troppo tenere ed alterabili per conservarne l'impronta, o perchè successivi fenomeni di denudazione occultarono quelle traccie.

L'azione della marea, laddove la differenza del livello marino tra il flusso e il riflusso è ragguardevole, non muta essenzialmente questo stato di cose; senonchè si hanno in tal caso, d'ordinario, due linee di coste ben distinte, corrispondenti ai due livelli medî della marea e può avvenire che mentre la linea inferiore si trova nella condizione delle vere ripe (coste a picco) la superiore presenti i caratteri di vera spiaggia che mi propongo di esaminare nel paragrafo seguente.

Coste lievemente inclinate. — Se consideriamo ora un littorale basso e pianeggiante, osserviamo prima di tutto che esso suol mettere al mare con debole pendenza che si mantiene sott'acqua fino ad una certa distanza dalla riva, poi ad un tratto aumenta. Esso risulta principalmente di arene o di piccole ghiaie. Nelle condizioni normali l'azione del mare tenderà ad accrescere piuttostochè a diminuire una spiaggia di questo genere. La linea lungo la quale più comunemente s'infrangono i marosi sarà segnata in ogni caso da un piccolo gradino sommerso in tempo di calma, il quale, generalmente, non avrà più di pochi

([1]) L y e l l, *Op. cit.* p. 141.

decimetri d'altezza; all'indietro di esso gradino ve ne ha spesso un secondo e un terzo, che stanno a rappresentare le linee lungo le quali si rovesciano e si spezzano le ondate durante le maggiori burrasche; questa disposizione a gradini si verifica principalmente ove i mutamenti nello stato del mare sono subitanei. Allorchè le ondate percuotono la spiaggia obliquamente, o quando per l'interferenza di due direzioni d'onde il mare si gonfia a cavalloni brevi e irregolari, invece degli accennati gradini, si formano sulla spiaggia delle ondulazioni d'arena, generalmente poco elevate, le quali per lo più sono ben presto appianate dagli stessi flutti.

Una spiaggia che si trovi in riva di acque non basse, considerata nel suo complesso, compresavi cioè la parte emersa, apparisce all'ingrosso come uno scaglione applicato alla costa, scaglione a scarpa più o meno inclinata.

Nelle acque sottili ed essendo la costa bassa, l'accennata forma di spiaggia manca o è poco evidente; si osserva invece al battente del mare un orliccio formato di rene, ghiaie, rottami di conchiglie, piante marine ed altri residui, orliccio che costituisce il cosidetto cordone littorale. Questo può essere in casi speciali, doppio o triplice: e il vento può talvolta accrescere grandemente l'ampiezza di siffatta formazione, convertendola in dune. Ove le maree sono ben sensibili e specialmente ove si manifestano in tutta la loro grandezza, il lido suol presentare almeno due gradini ben distinti, uno dei quali, l'inferiore, corrisponde al battente delle basse acque, l'altro, il più alto, al livello medio dell'alta marea; oltre a questi v'ha bene spesso un gradino più interno, ovvero un cordone littorale che segna il confine delle grandi maree equinoziali.

Anche in siffatti lidi il moto ondoso del mare e in ispecial modo il così detto flutto corrente ha per effetto

di accrescere la spiaggia o diminuirla, secondo il vento dominante e secondo gli accidenti della costa.

Allorchè le acque sono tranquille la spiaggia per lo più aumenta, massime se nelle vicinanze abbia foce qualche corso d'acqua; il contrario succede durante le mareggiate. Lungo la *Riviera di Ponente* le spiaggie accennano a diminuire sotto i colpi della traversia di S. E. La diminuzione, assai notevole in ogni tempo, a *Sampierdarena* e a *Cornigliano* si è fatta più rapida, dopo il recente prolungamento del molo nuovo di *Genova* (1882), talchè occorrono ora nuove gettate di scogli a difesa degli edifici e della linea ferroviaria. In questa *Riviera* le gettate di massi perpendicolari alla riva (che diconsi comunemente *pennelli*) hanno azione efficacissima non solo per la protezione, ma anche per l'estensione della spiaggia verso il lato loro occidentale. Così vedesi di contro a *Finalmarina* cresciuta la spiaggia di più diecine di metri a ponente del pennello e rimasta nelle medesime condizioni a levante.

Ciò premesso, l'avvallamento del suolo avrà per conseguenza di fare ostacolo all'estendersi della spiaggia e più spesso di agevolarne la distruzione. Verificandosi invece un bradisismo ascendente, si avranno i fenomeni inversi e generalmente i gradini e i cordoni littorali che sogliono indicare l'estremo limite cui giungono le onde si allontaneranno grado grado dal battente del mare, innalzandosi sul suo livello.

Senonchè, gradini, cordoni littorali, depositi di residui marini (conchiglie, alghe ecc.) sono ben presto asportati dagli agenti esterni e in particolar modo dalle acque dei fiumi e dei torrenti, quando ingrossano e straripano. Da ciò si comprende come lungo estesi tratti di costa che pur si sollevano si cerchino invano le antiche traccie lasciate dal mare nel ritirarsi.

Il trasporto delle arene per opera del vento, in altre

parole la formazione delle dune, reca maggior complicazione al regime littorale. Acciocchè l'azione del vento possa esercitarsi efficacemente nel sollevar le sabbie, secondo il meccanismo che tutti conoscono, è necessario che queste presentino una zona di una certa larghezza e che sieno sufficientemente elevate sul livello del mare. Tali condizioni si verificano ove la marea scopre alternativamente grandi tratti di spiaggia ed, essendo la marea mancante o poco sensibile, ove si trovano spiagge emerse. Così sulle rive del Mediterraneo, che ha maree lievissime, la esistenza di dune, come se ne osservano per esempio sulle spiagge di *Viareggio* e di *Pisa*, indica che il mare si è da poco ritirato. Ben s'intende che un periodo di arresto od anche un bradisismo positivo può essere sottentrato ad un sollevamento, senza che perciò il trasporto dell'arena per opera del vento sia cessato.

Foci. — Allorchè ad una costa bassa mette foce un fiume, il littorale acquista caratteri particolari, e, secondo i casi, si ha come tutti sanno un semplice estuario o un delta. Quest'ultimo si forma soltanto ove la foce del corso d'acqua sia protetta da una barra, la quale consenta all'acqua dolce di depositare quietamente le sue torbe. Tra la barra e la terra esistono di solito lagune salmastre comunicanti col mare mediante piccole aperture, lagune che vanno lentamente colmandosi per riprodursi a valle. La barra più o meno estesa, più o meno continua, si produce nelle acque poco profonde, ove il movimento della corrente di acqua dolce del fiume è neutralizzato dalla resistenza delle acque marine e dal moto ondoso delle medesime; lungo la linea neutra (assai variabile secondo le circostanze atmosferiche, la stagione ecc.) si produce dapprima un deposito subacqueo, il quale, accresciuto dai materiali apportati dalle massime piene e talvolta anche da quelli accumulati dalle mareggiate, emerge poi più o meno. Quando questa

barra sia arenosa può essere anche sollevata ed estesa dai venti.

Laddove la marea si alza a grande altezza ed anche ove le acque del mare sono mosse da rapide correnti, la formazione delle barre è impedita; perchè l' agitazione delle acque fa ostacolo al depositarsi dei materiali sopra una zona circoscritta e i materiali stessi sono trasportati a distanza. È questo il caso degli estuari, nei quali d'ordinario le acque del mare, mercè il flusso, risalgono per lungo tratto nel fiume a ritroso della corrente, per poi ridiscendere poco appresso.

L' avvallamento lento della costa non impedisce generalmente il formarsi delle barre e quindi la deltazione, ed anzi dal fatto che alcuni dei maggiori delta si trovano in aree di depressione (per esempio quelli del *Nilo* e del *Po*), si dovrebbe arguire che è condizione favorevole. Ma è chiaro che un movimento di depressione troppo rapido potrebbe rendere la deltazione impossibile, provocando la sommersione delle barre alla foce a misura che queste si producessero.

D'altra parte, non si può asserire che entro certi limiti un movimento in senso inverso faccia ostacolo al formarsi e al conservarsi dei delta, perciocchè vedremo come non ne manchino anche nelle regioni in cui si esercitano bradisismi negativi (il delta del *Mississipì* si trova a quanto pare in una regione che lentamente si solleva) (1).

(1) Bisogna aver presente che, oltre le correnti, certe particolarità topografiche e sopratutto le maree e i ghiacci (nelle regioni prossime ai circoli polari), debbono esercitare una influenza grandissima sulla forma dell' apparato littorale alle foci dei fiumi (vedasi in proposito il lavoro del dott. G. R. Credner nelle *Geographische Mittheilungen* di Petermann, 1878, n.° 56.

IV. I FORI DEI LITOFAGI E I MOLLUSCHI PERFORANTI.

Una delle prove più sicure e più spesso invocate di recente sollevamento, lungo un littorale, è la presenza nelle rupi, massime nelle rupi calcaree, dei cosidetti fori di litofagi. Questi fori sono talvolta di forma ovato-cilindrica e arrotondati all'estremità inferiore (si potrebbero dire quasi digitiformi), talvolta a sezione elittica più o meno compressa e più rigonfi in basso che in alto; le loro dimensioni massime sono di 70 a 80 millimetri di lunghezza e di 23 a 26 per la larghezza e si danno in quelli di forma ovato-cilindrica.

Distribuiti in numero più o meno grande lungo certi orizzonti, essi formano come sorta di zone ora ben definite ora no, e sono l'opera di molluschi marini, i quali non possono vivere che sotto il livello medio del mare; per conseguenza ove si trovano emersi bisogna per necessità inferirne che il mare si sia abbassato o che la costa si sia sollevata (1).

Per la stretta relazione che connette lo studio di tali fori col soggetto precipuo della mia disquisizione, giova indagare da quali molluschi e in qual modo sieno praticati.

Varie specie di molluschi perforanti. — I molluschi perforanti denominati complessivamente litofagi sono lamellibranchi appartenenti precipuamente ai generi *Lithodomus, Pholas,*

(1) Nel 1814 Lavaggiorosso scrisse una memoria per dimostrare che i fori tanto comuni nel calcare marnoso del Genovesato, ad una certa altezza sul livello del Mediterraneo, non sono praticati da molluschi, ma provengono dalla dissoluzione di noduli di solfuro di ferro per effetto delle acque marine. Egli credeva che tali fori anche quando sono sommersi e contengono il dattero di mare (*Lithodomus lithophagus*) avessero uguale origine. Il mollusco incapace di forare il sasso avrebbe occupato le cavità già formate.

Saxicava, *Petricola*, *Gastrochaena*, *Cypricardia*, *Clavagella*. I primi si annidano nei calcari marnosi, nei calcari dolomitici, nei marmi, nelle madrepore. Le foladi forano le argille indurite, i calcari e perfino i micascisti; le *Gastrochaena* attaccano di preferenza le grosse conchiglie come *Tridacna*, *Meleagrina*, *Cassis*, *Turbo* ecc., nonchè le madrepore; le *Saxicava*, le *Petricola* e le *Cypricardia* scavano per lo più le loro cavità nelle roccie calcaree. Alcune specie di *Cypricardia* vivono però allo stato libero. Le *Clavagella* forano calcari teneri. Secondo Fischer la *Tapes pullastra* è ora perforante ora no. Finalmente, certe bivalve, come la *Venerupis irus*, eleggono bene spesso domicilio nelle cavità praticate. da altri molluschi. Le specie del genere *Teredo* sono pur perforanti, ma, come è ben noto, si annidano nei legnami.

Nell' Atlantico settentrionale le perforazioni delle roccie sono prodotte principalmente dal *Pholas dactylus;* nel Mediterraneo sono l' opera del *Lithodomus lithophagus;* nel Mar Rosso un *Lithodomus* (*L. Lessepsianus*) e una *Gastrochaena* perforano roccie e polipai.

Opinioni intorno al modo di formazione dei fori. — Aldrovandi (1570) ammetteva la generazione spontanea dei molluschi in seno alle pietre, e così spiegava il ritrovamento dei litodomi e delle foladi entro le rupi. Nel 1681, Bonanni confutava questa assurda credenza e descriveva l' artifizio praticato da certi molluschi per forar meccanicamente le roccie. Leendert Bomme (1773) fu condotto dalle proprie osservazioni a professare la medesima opinione ([1]). Al principio del secolo Reaumur avvalorò questo modo di vedere con sagaci osservazioni sulle foladi. In tempi più prossimi a noi le opinioni dei naturalisti circa il modo di procedere dei molluschi perforanti nel praticare le loro

([1]) F. Caillaud, *Mémoire sur les mollusques perforants*, Paris, Baillère, 1856.

cavità furono assai discordi e anche oggi, quantunque i dubbi principali sieno risoluti, non mancano punti oscuri.

Osservando la durezza e la tenacità delle roccie perforate, la sottigliezza e la fragilità delle conchiglie di quasi tutte le specie perforanti, massime nei giovani (*Pholas, Gastrochaena*), la poca mobilità di altre (*Lithodomus*), la forma ovale e compressa, l'angustia delle nicchie scavate da certe specie (*Cypricardia*), Deshayes ne concluse che i molluschi non hanno la facoltà di forare la roccia con mezzi meccanici e quindi debbono valersi necessariamente di qualche agente chimico [1]. Egli notava inoltre che parecchi molluschi perforanti come le clavagelle e le teredini secretono un tubo calcareo che rende la conchiglia immobile o quasi. La clavagella ha una delle due valve impegnata nel tubo e l'altra libera; ma siccome la cavità praticata è assai ampia, questa valva non potrebbe giungere in contatto della parete e logorarla. Inoltre gli esperimenti di Laurant dimostrano che i molluschi tubicoli hanno la facoltà di disciogliere i loro tubi, facoltà necessaria acciocchè il tubo non abbia ad impedire l'accrescimento dell'animale e della conchiglia. Nulla di più naturale pertanto che i molluschi perforanti possano produrre una secrezione particolare atta ad attaccare le roccie calcaree, anzichè la propria conchiglia.

Secondo Deshayes, il liquore acido destinato a corrodere la roccia sarebbe secreto dal mantello che è assai spesso e sviluppato nei molluschi di cui si tratta. Egli credeva che lo stesso organo secretore si applicasse alla parete da corrodersi e che in tal guisa il liquido non fosse disperso o diluito nell'acqua marina [2].

[1] Deshayes, *Quelques observations au sujet de la perforation des pierres par les mollusques, Journal de Conchyliologie*, tome I, Paris 1850, p. 22.

[2] Deshayes, *Memoria citata*, p. 33.

In appoggio alle idee di Deshayes, fu pure avvertito che le conchiglie perforanti a superficie liscia, come i litodomi e le *Gastrochaena,* sono esternamente vestite di un epidermide o manto marino di struttura cornea o mucosa che sarebbe tosto logorata se il guscio esercitasse una azione meccanica sulle roccie [1]. Inoltre il Thorent osservò che raccogliendo le secrezioni delle foladi e ponendole in contatto di una lastra di marmo levigato questa rimane tosto appannata per la corrosione della sua superficie evidentemente prodotta da un acido. Egli credeva che la sede della secrezione acida fosse la regione intestinale e riteneva che l'epidermide o manto marino della conchiglia e lo stesso muco emesso servissero a preservare il guscio dall'azione erosiva.

Successivamente Caillaud e Robertson confutarono vittoriosamente certe asserzioni di Deshayes e Thorent e dimostrarono che le loro conclusioni erano in gran parte infondate o premature.

Esperienze di Caillaud e di Robertson. — Mentre Deshayes aveva affermato che la conchiglia non poteva essere in alcun caso uno stromento perforatore abbastanza potente da intaccare i calcari più resistenti, e che all'incontro un tal calcare avrebbe esso scalfitto la conchiglia, Caillaud, adoperando le valve delle foladi a guisa di lime, riuscì a produrre, sott'acqua, profonde intaccature in un calcare assai duro. Dopo l'esperienza, compiuta in poche ore, quelle valve erano in buona condizione e le loro asperità potevano ancora esercitare efficacemente l'ufficio di lima. Le valve delle foladi adulte, d'altronde, presentano non di rado, alla base, traccie non dubbie di logoramento, come se il mollusco le avesse adoperate per

[1] Thorent, *De la perforation des pierres par les mollusques*, *Journal de Conch.*, I, p. 171.

lungo tempo a guisa di stromento perforante. Se questo logoramento sembra sempre relativamente lieve, si è perchè, coll'accrescersi della conchiglia, alla base e presso i margini di essa, nuove asperità vengono grado grado ad occupare il posto di quelle che hanno già adempiuto al proprio ufficio.

Una ulteriore scoperta venne ad aggiungere un validissimo argomento alla tesi sostenuta dal signor Caillaud [1]. Egli trovò lungo il littorale del dipartimento francese della *Loire-Inférieure* una roccia inattaccabile dagli acidi diluiti, uno scisto micaceo, pieno di foladi.

Da canto suo Robertson per altra via giunse alle stesse conclusioni di Caillaud [2]. Egli potè più volte osservare la folade mentre è intenta allo scavo della propria abitazione e vide che si serve realmente del suo guscio ad uso di lima. Mediante la contrazione e la dilatazione alternativa del piede, essa spinge i detriti prodotti dal logoramento della roccia entro al sifone principale o branchiale, il quale li sospinge fuori sotto forma di noduli, mentre le materie escrementizie passano pel sifone minore o anale. Il mollusco fa descrivere alla conchiglia un mezzo giro per volta, portando il piede verso il cardine e indietreggiando. Spesso gira a diritta e a sinistra, corrodendo la roccia ora in un punto ora nell'altro con lenti movimenti d'oscillazione. Operando sott'acqua, l'animale sembra non aver bisogno di altro dissolvente per penetrare nella roccia.

Caillaud pose in chiaro, di poi, i seguenti fatti [3]:

[1] *Journal de Conchyliologie,* tome II, p. 300.

[2] *Sur la perforation des pierres par le* Pholas dactylus, *Journal de Conchyliologie,* III, p. 311.

[3] *Nouvelles observations au sujet de la perforation des pierres par les mollusques, Journal de Conchyliologie,* tome I, Paris, p. 363.

Nei fori delle foladi si vedono distintamente:

1.° Cerchietti ondulati e punteggiati che accennano ad un movimento dall'alto al basso della conchiglia nel suo foro.

2.° Linee oblique incrociate prodotte dalla smarginatura delle valve le cui asperità sono collocate obliquamente rispetto alle scabrezze della parte superiore.

3.° Altre strie prolungate in linee orizzontali di 6 a 10 millimetri di lunghezza che sembrano dipendere da un movimento disordinato e parziale di rotazione, come da una serie di scosse.

Siccome le valve si divaricano a volontà del mollusco, accade che la parte più prominente di esse, accostandosi alle pareti del foro, lo allarghi e renda meno sensibili le strie praticate dalla parte basale della conchiglia. Nella parte superiore dello scavo i sifoni stropicciando la superficie interna di essa la rendono più liscia e uniforme.

Sembra che le piccole foladi si attacchino alla roccia da perforare per mezzo del piede, il quale vi aderirebbe a guisa di ventosa. Essendo la conchiglia spinta sulla pietra, mentre il mollusco le comunica gli opportuni movimenti, si formerebbe a poco a poco il foro. Caillaud vide foladi di 5 millimetri di lunghezza già collocate nella cavità che si erano scavata, la quale misurava 2 millimetri di diametro e presentava come quelle dei molluschi adulti strie e punteggiature concentriche. Non volendo lasciare alcun mezzo intentato per suffragare di novelle prove le sue conclusioni, Caillaud raccolse dei frammenti di gneiss e dopo avervi scavati fori di acconcie dimensioni, introdusse in ciascuno di questi una folade; collocò di poi i molluschi insieme alle loro nicchie entro vasi pieni d'acqua di mare. Dopo qualche tempo lo sperimentatore vide una di quelle foladi dapprima oscillare, poi cominciare un lento movimento di rotazione. Essa compiè successivamente cinque

giri intorno a se stessa, impiegando circa un' ora per ciascun giro e rigettando intanto mediante il sifone i detriti del suo lavoro, sotto forma di escrementi lunghi talvolta 4 a 5 centimetri, del colore stesso della roccia ([1]).

Secondo il naturalista precitato, il modo di procedere del mollusco è questo: la folade si attacca alla parete del foro mediante il piede che attira a sè la conchiglia; intanto i muscoli adduttori delle valve alternativamente si contraggono e si rilasciano, mentre il piede, portandosi ora a destra ora a sinistra, determina la rotazione.

Caillaud attribuisce ad una azione puramente meccanica anche le gallerie scavate dalle teredini e ravvisa negli uncini interni di cui sono munite le valve di queste e di altre specie di lamellibranchi l'indizio sicuro che sono perforanti per via meccanica, essendo tali uncini un punto d'appoggio necessario all'apparato motore della conchiglia.

Lavaggiorosso osservò argutamente che piccole serpule da lui vedute aderenti alle valve del dattero di mare escludono l'ipotesi, secondo la quale esso scaverebbe la sua nicchia per via meccanica; ma non fu ugualmente felice nel sostenere che il mollusco occupa le cavità che trova già fatte ed è incapace d' intaccare il sasso per via chimica (giacchè se così fosse attaccherebbe la sua stessa conchiglia).

Caillaud riconosce che le cavità dei litodomi son ben diverse da quelle praticate da altri molluschi. Esse hanno sezione trasversa ovale (non circolare come i fori delle foladi) e presentano una superficie interna liscia; da ciò egli inferisce che l'origine loro sia da attribuirsi ad azione chimica piuttostochè meccanica. Di più, l'obbiezione suggerita dal riflesso che la conchiglia stessa del litodomo dovrebbe essere attaccata dalla secrezione acida, cade pel fatto avvertito dallo stesso Caillaud che in quel testaceo l' epi-

(1) *Journal de Conchyliologie*, 2ª serie, tome I, 1856, p. 193.

dermide resiste all'azione dei reattivi più energici e perfino all'acido nitrico ([1]). Egli d'altronde potè verificare direttamente che tutti i molluschi perforanti emettono una secrezione acida leggermente corrosiva che volge al rosso la tintura azzurra di tornasole; quella della *Gastrochaena* avrebbe un sapore acre intollerabile. La presenza di questo liquore acido spiegherebbe l'erosione del guscio in molte conchiglie terrestri, il disciogliersi di parte della conchiglia nella *Cypraea* ed altri fenomeni consimili rimasti fin qui oscuri.

La presenza di un acido libero nelle secrezioni di certi molluschi fu già verificata da Troschel e con maggior corredo di prove da Panceri e De Luca. Questi scienziati posero in chiaro che le due grosse glandole salivari del *Dolium galea* segregano un liquido incoloro o appena opalescente, il quale contiene da 3, 42 a 3, 30 per 100 di acido solforico libero e per ciò arrossa la tintura di tornasole ed attacca energicamente i carbonati ([2]).

Da canto mio ho raccolto più volte in Genova la *Petricola lithophaga* acclusa nella sua prigione di calcare, prigione indubbiamente scavata per via chimica. Essa infatti è così angusta e di tal forma che non consente alla conchiglia di muoversi e tanto meno di volgersi intorno a se stessa; di più è all'interno perfettamente liscia.

([1]) *Les tarets et autres perforants, Journal de Conchyliologie*, 2me serie, tome II, Paris 1857.

([2]) De Luca e Panceri, *Recherches sur la salive et sur les organes salivaires du* DOLIUM GALEA, *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 1867, n.° 14.

V. ISOLE E SCOGLIERE MADREPORICHE.

Dall'esame delle mirabili costruzioni dei polipi tanto numerose ed estese in alcune regioni del globo, emergono stretti rapporti tra le forme loro e i fenomeni tellurici di cui ho impreso ad occuparmi in queste pagine. L'aver messo in chiaro per la prima volta siffatti rapporti è uno dei maggiori vanti di Carlo Darwin, la cui mente sagace anche in quest'ordine di studi lasciò un'impronta incancellabile [1].

I polipi coralligeni. — Prima di descrivere i vari tipi degli edifizi madreporici e di esporre il significato loro rispetto ai bradisismi, reputo utile porgere qualche notizia intorno ai precipui loro autori. Questi, denominati madrepore, litofiti, coralli, sono celenterati riferibili alla classe dei polipi che in generale vivono riuniti in colonie, nelle quali ciascun individuo per certe funzioni è subordinato al corpo sociale e per altre è indipendente. Nella sua condizione più semplice il corpo del polipo coralligeno consiste in un sacchetto od otricello conico o cilindrico, fissato per la sua estremità inferiore ad un asse comune longitudinale; all'estremità opposta esso presenta un'apertura buccale circondata di tentacoli, la quale mette ad una cavità gastrica o meglio gastro-vascolare, comunicante coll'esterno mediante un complicato sistema di canaletti in cui si compie la circolazione dell'umore nutritizio.

La riproduzione può essere sessuale, per gemme o per scissione. Nel primo caso si effettua mediante organi secretorî di uova e di spermatozoidi, situati alla parte superiore della cavità summentovata. D'ordinario i sessi sono

(1) *The structure and distribution of coral reefs*, London 1842 — *Journal of researches into the nat. hist. and geol. of the country visited during the voyage of H. M. S. Beagle*, London 1845.

separati in diversi individui e perfino in diverse colonie, ma si hanno pure forme ermafrodite; la fecondazione e, in generale, anche lo sviluppo degli embrioni, hanno luogo nel corpo della madre. Appena nati, i piccoli polipi allo stato larvale hanno forma di infusorî o di vermiciattoli e sono liberi, ma, ben presto, nelle famiglie che qui consideriamo particolarmente, si fissano ai corpi sommersi e danno origine per generazione ad altri individui atti a riprodursi e quindi ad una numerosa colonia. Allorchè questa incomincia a formarsi, in mezzo ad essa sorge e si sviluppa, secreto dagli stessi polipi, un asse litoideo, per lo più calcare, nella cui spessezza sono annidati come in tante cellette. Il *polipaio,* così si chiama, assume dimensioni e forme svariatissime secondo le specie. Ora si presenta in eleganti arboscelli, ora in lamine palmate, ora in masse fungiformi e digitiformi, ora in sferoidi più o meno voluminosi e in cento altri modi (1). Certuni raggiungono dimensioni enormi; a *Tongatabu* si osservano, per esempio, poriti di 8 metri di diametro, nelle *I. Figi* astree e meandrine di 4 a 5 metri. La parte vivente in

(1) Secondo le più recenti classificazioni, i polipi si dividono nel modo seguente:

Polipi . .	Alcionari.		*Alyconium, Virgularia, Pennatula, Veretillum, Gorgonia, Isis, Corallium, Tubipora.*
	Zoantari . .	Antipatari	*Anthipates, Gerardia.*
		Attiniari	*Actinia, Zoanthus, Cerianthus, Cereus.*
		Madreporari	*Madrepora, Porites, Meandrina, Fungia, Oculina, Caryophyllia, Turbinolia.*

Gli alcionari sono polipi e colonie di polipi provveduti di otto tentacoli bipennati; hanno polipai calcari e rigidi oppure molli e cornei. I zoantari sono polipi o colonie di polipi a tentacoli in numero di sei o multiplo di sei o di quattro. Il loro corpo è provvisto di asse corneo e d'invoglio molle negli antipatari, è affatto privo di formazioni scheletriche negli attiniari ed ha invece un polipaio più o meno voluminoso e sempre ricco di sali calcari nei madreporari. Il corallo rosso è un alcionario.

questi polipai è però piccolissima, riducendosi ad una sottilissima regione periferica (in alcuni poriti non ha che 3 millimetri di spessezza).

Nei madreporari, che sono tra i più alacri edificatori, lo scheletro calcareo si manifesta alla base del corpo di ciascun individuo colla formazione d'una laminetta basale (*pédieuse*, secondò la nomenclatura francese), intorno alla quale si sviluppa un'altra lamina detta *murale*, che ha forma di tazza e da cui irraggiano parecchie laminette verticali o setti interni ed anche appendici esterne.

Nel gruppo dei zoantari, cui si riferiscono i madreporari, predomina la disposizione raggiata e la simmetria sessenaria che si palesa tanto nel numero dei tentacoli quanto nei setti del polipaio. Peraltro, nello stato larvale di alcune specie si è osservata una disposizione bilaterale e non raggiata.

Le specie di corallari sono assai numerose e variano molto non solo tra una latitudine e l'altra, ma anche secondo la profondità e secondo le condizioni delle acque in cui vivono. Ehrenberg nel solo Mar Rosso ne noverò 120 spettanti a molti generi.

I polipai risultano normalmente di 95 a 98 per 100 di carbonato calcico (aragonite secondo Sorby) di 0,28 a 0,84 di acido fosforico e di 1, 64 a 3, 79 di materie organiche e d'acqua. Forshhammer vi riconobbe anche magnesia (2, 1 % nel corallo rosso e 6, 36 % nell' *Isis hippuris*) e vuolsi che contengano traccie di fluoruro calcico. La densità dei polipai calcarei, superiore a quella della calcite, raggiunge talvolta 2, 9; perciò Sorby ritiene che vi predomini l'aragonite. Le secrezioni dei briozoi e degli idroidi risultano dello stesso minerale associato ad un po' di fosfato calcico; la densità loro è 2, 95. Finalmente il carbonato di calcio costituisce quasi esclusivamente la porzione litoidea delle alghe incrostanti.

Mentre molti polipi vivono in piccole colonie isolate, altri si addensano in numerosi aggruppamenti. Fra questi, che sono i principali artefici dei banchi e delle scogliere, prevalgono le astreacee, le fungiacee, le oculinacee (in particolar modo i generi *Pocillopora* e *Orbicella*) e le madreporacee (*Madrepora* e *Porites*). Sussidiariamente concorrono a formare gli edifizi madreporici alcuni idroidi e briozoi, segnatamente *Plumularia* e *Millepora*, gli anellidi del genere *Serpula* ed alghe incrostanti, cioè millepore e coralline. Questi animali e piante, sviluppandosi d'ordinario alla superficie dei coralli, esercitano bene spesso su di essi una efficace protezione contro l'opera distruttiva dei flutti. I briozoi e gli idroidi si moltiplicano a dismisura sulle scogliere coralligene della Florida. Le serpule furono osservate in copia stragrande lungo il lido del Brasile.

Un bosco è meno popolato di mammiferi, d'uccelli, di rettili, d'insetti di quel che non sia uno scoglio corallifero d'animali marini. I pesci, i crostacei, i molluschi, i vermi che vi hanno stanza sono legione.

È un errore il paragonare, come fanno alcuni, un banco di coralli ad una delle nostre costruzioni formate di muri massicci. Esso si può più propriamente assomigliare ad una folta macchia, nella quale si addensano piante arboree, arbusti e cespugli svariati, connessi fra loro da piante rampicanti e coperti di vegetazioni parassitiche.

Vediamo ora quali sieno le forme dominanti in queste costruzioni e quali caratteri le distinguano.

Principali varietà di costruzioni madreporiche. — Uno dei tipi più notevoli di isole madreporiche si è indubbiamente l'***atoll***, ampio anello di coralli e detriti sollevati dalle onde, per la massima parte appena emergente sul livello del mare, che acclude una laguna circolare dalle acque limpide e tranquille. Esso può presentare una o più soluzioni di continuità e nella sua laguna sorgono talvolta isole o scogli.

L' atoll *Keeling* esempio istruttivo di questo tipo, è situato nel Mar delle Indie, e non s' innalza che di 6 a 12 piedi (m. 1,80 a 3,60) sul livello dell' alta marea; il suo maggior diametro misura 9 miglia e mezzo. All'esterno, la sua riva scende gradatamente fino alla profondità di 25 tese (m. 46). Un po' al disotto del livello della marea bassa vi si osservano litofiti viventi e principalmente poriti, in forma di grandi masse arrotondate; a profondità un po' maggiore i coralli son pur viventi, ma appartengono ad altre specie. La laguna interna è popolata da una fauna madreporica affatto diversa, costituita prevalentemente di specie a rami fragili e sottili; ma vi ha pure un piccolo porite.

Altro tipo ben caratteristico di costruzioni madreporiche si ha nelle così dette *barriere* (*barrier-reefs*), catene di scogli che seguono, talvolta per lunghissimi tratti, il littorale d' isole o di continenti ad una certa distanza da esso. I grandi atoll, nel cui mezzo sorge un'isola alquanto estesa, stabiliscono in certo modo un termine di transizione tra il primo tipo e il secondo.

In generale la barriera offre all'esterno un margine che presenta dapprima un dolce pendio, poi, ad una certa distanza, declina rapidamente a profondità grandissima, e all' interno si abbassa, per lo più, regolarmente, ma con inclinazione meno risentita e senza scendere molto in basso.

Le terre circondate da siffatte scogliere son quà montuose ed altissime, là piane e basse; alcune risultano di antiche formazioni vulcaniche, altre di terreni sedimentari antichi o recenti.

Il lido occidentale della *Nuova Caledonia,* le isole *della Società* e moltissime altre presentano svariati esempi di barriere; ma il più grandioso ci è offerto dalla grande scogliera australiana che segue, per ben 1100 miglia, la costa nord-est di quel continente, ad una distanza da terra di 20, 30, 50 e perfino 90 miglia. Il braccio di mare così li-

mitato misura da 10 a 25 tese di profondità (m. 18 a 46) ed ha fondo di sabbia.

Le scogliere *frangenti* o *marginali* (*fringing-reefs*) sono distribuite anch'esse lungo le coste delle isole e dei continenti, ma differiscono dalle barriere propriamente dette, perciocchè non son divise dalla terra mediante un canale interno e in generale appariscono assai più ristrette.

La scogliera di cui è circondata l'isola *Maurizio,* nell'Oceano Indiano, può citarsi qual tipo di questa classe. Essa forma un recinto interrotto in parecchi punti. Fra il margine esterno della scogliera e la costa si estende generalmente una specie di ripiano sommerso, coperto di sabbia, che si può in varî tratti passare a guado; non così però al *Porto Grande,* ove si osserva un canale profondo 10 o 12 tese (m. 18 a 22), che si estende per ben quattro miglia fra l'isola e il frangente madreporico. La formazione di questo canale si attribuisce con ragione a due fiumi che vi mettono foce, le cui acque affluiscono in due opposte direzioni. In altri punti, di contro alle foci di fiumi e torrenti, la scogliera si presenta pure interrotta, ciò perchè, evidentemente, l'acqua dolce è contraria allo sviluppo dei polipi coralligeni.

Nell'isola *Maurizio,* come in altre terre recinte di frangenti littorali, si osservano all' asciutto, lungo le rive del mare e anche ad una certa distanza da esse, collinette di litofiti morti, che raggiungono perfino 20 o 30 piedi (m. 6-9) d'altezza e altro non sono che antichi avanzi d'una scogliera originariamente continua e in gran parte corrosa e distrutta dal mare, avanzi sollevati insieme al fondo che li portava.

Sulla costa orientale d'Africa, fra 1°, 5' e 1°, 45" di latitudine meridionale, si è verificata l'esistenza d'una scogliera littorale per circa 40 miglia di lunghezza, ma questa si trova alla distanza di circa un miglio dalla costa, la quale però è assai bassa e va dolcemente declinando.

Altra maniera assai più rara di costruzioni madreporiche è quella segnalata sulle coste del Brasile da Harth sotto il nome di *abrolhos* (¹). Queste sono vere secche sviluppatesi *al largo*, all'esterno dei frangenti che circondano l'arcipelago degli *Abrolhos*, a mezzogiorno di *Bahia* (a circa 18° di latitudine S.). Esse risultano di grandi masse di polipai ingrossati superiormente a guisa di funghi e strette fra loro, in modo da formare per certi tratti una superficie pianeggiante che emerge alla bassa marea, lasciando solo quà e là dei cavi pieni d'acqua. Un adunamento di tali secche costituisce il temuto *Parcel de los Abrolhos,* lungo da 15 ai 16 chilometri con larghezza di 6 e più. Bene spesso fra i vari polipai che danno origine alla secca rimangono caverne assai profonde, per la massima parte subacquee, e, quando il mare è agitato, vi si ingolfa con violenza, spingendo poi fuori per le aperture loro nubi di spuma.

Dimensioni e forme degli atoll. — L'atoll può essere circolare, elittico, angoloso o circoscrivere una figura poligona irregolare, presentando svariatissime dimensioni. Mentre *Taiara,* nel Pacifico, con un diametro massimo di 4 chilometri circonda un lago elittico il cui asse maggiore non è che di 1800 metri, *Menchikoff* misura 60 miglia di lunghezza.

Il recinto madreporico dell'isola anulare, come dissi, è bene spesso incompleto, interrotto, presentando semplici aperture o lacune più o meno estese, le quali molte volte son tali da lasciar libero varco alle navi. Talvolta dal centro dell'atoll sorgono secche; più comunemente emergono da esso scogli di roccia viva e vere isole più o meno estese. Le isole *Raïatea* sono circondate da un atoll, così *Bolabola, Maurua*, *Hogoleu* ecc. Intorno al gruppo delle *Gambier* vi ha un atoll incompleto; lo stesso dicasi di

(¹) Harth in Dana, *Corals and coral islands,* 1872, p. 140.

Vanikoro. La proporzione dell'isola o delle isole rocciose, accrescendosi rispetto alla mole della scogliera madreporica, questa diventa per così dire accessoria, subordinata e quindi cessa di costituire un atoll per passare alla condizione di barriera; tal'è il caso *Puinipete*, in cui lungo le coste dell'isola, che è relativamente grande, corre a breve distanza una cintura madreporica. Si dà anche il caso di piccoli atoll aggruppati in guisa da costituire col complesso loro una grande scogliera anulare interrotta. Questa è appunto la condizione di *Mahlos Mahdu* nel gruppo delle Maldive.

La zona madreporica emersa nelle isole anulari è assai angusta; la sua larghezza varia cioè abitualmente tra i 50 e i 600 metri e quanto alla sua altezza sul livello dell'alta marea, d'ordinario non supera i 3 metri, ma può raggiungere fin 12 metri come ad *Anegada* nelle Indie occidentali (Schomburg) e 13 o 14 metri come ad *Oahu.* Essa è costituita alla base di detriti e di massi rigettati dal mare tolti alla stessa isola, nella parte più alta di arene minute sciolte o agglomerate da un cemento calcareo, commiste a residui organici; in qualche caso la sabbia sollevata dal vento forma piccole dune. La maggiore altezza della parte emersa si ha sempre dal lato del vento dominante. Si danno atoll i quali, come il banco del *Gran Chagos*, sono completamente sommersi, oppure emergono appena in qualche punto.

La spiaggia esterna dell'atoll è inclinata dai 30° ai 35° e breve; ad essa fa seguito una spianata littorale collocata a livello della bassa marea che suol brulicare di animali marini ed è ordinariamente incrostata di nullipore; il fondo cresce di poi con rapida inclinazione per una breve distanza dalla riva, fino ad una linea, dopo la quale bruscamente il margine dell'atoll scende sotto un angolo di 40° a 50° per più centinaia di metri. Presso

Metia (*Taiti*) a cagion d'esempio, a soli 1600 metri dalla spiaggia lo scandaglio deve calarsi a 1100 metri per incontrare il fondo.

Verso la laguna il margine della scogliera offre dapprima un declive poco risentito che si continua in una sorta di piattaforma sommersa simile a quella che si osserva all' esterno, con piante ed animali marini in copia, fra i quali coralli viventi, massime le specie fragili e ramose. Nel rimanente il fondo del bacino, lievemente incavato, misura una profondità di 35, 50, 60 metri, secondo le dimensioni dell'atoll, e raramente raggiunge i 100. Questo fondo, per lo più uniforme, risulta di rena, ghiaie, conchiglie e specialmente di una melma peculiare impalpabile prodotta dalla triturazione e dal disfacimento dei coralli. Il caso che entro la laguna esistano secche madreporiche è piuttosto raro.

L'angusta zona emersa delle isole anulari, quantunque costituita di elementi così poco favorevoli alla vita, cioè di detriti madreporici con pochi materiali estranei rigettati dal mare (pomici galleggianti, ceppi d'albero, tra le cui radici rimangono impigliati frammenti di roccia, semi, ossa di pesci e di cetacei), suol essere coperta di lussureggiante vegetazione [1] e serve bene spesso di domicilio ad un certo numero di animali terrestri e non di rado all' uomo stesso. La parte abitabile di ciascun atoll, stante la poca altezza di esso sul livello del mare e la penuria d'acqua dolce (quella poca che vi si trova è fornita dalle pioggie equatoriali), si riduce ad una infima frazione della superficie emersa.

Ulteriori indicazioni sulle barriere. — Nella barriera è a distinguersi la regione esterna dalla interna. La prima ha con-

[1] Le specie di piante che vi allignano sono però in piccolo numero; nel gruppo di *Pomotù*, per esempio, non più di una trentina.

torno irregolare dentellato, s' innalza generalmente fino ad un livello poco inferiore a quello dell' alta marea, e in qualche punto emerge più o meno, per l' accumulazione dei propri detriti dovuta all'azione delle onde. Alla superficie e nelle sue numerose cavità, che rimangono costantemente piene d'acqua, vive tutto un mondo di animali marini, specialmente molluschi, asteridi, echinidi, oloturidi, spugne ecc. Il suo margine nella direzione del mare aperto cala rapidamente per 10 o 12 metri, poi vi ha un pendio più dolce coperto di coralli viventi, quindi si trova di nuovo una rapida discesa fino a profondità che lo scandaglio ordinario raramente può raggiungere. La regione interna della scogliera sopra descritta, quella che è volta verso la terra, si sviluppa in acque ben riparate dalle onde e dalle correnti; i coralli vi crescono però meno rapidamente e vi sono meno compatti. I contorni della scogliera sono da quella parte meno frastagliati, la superficie loro è più regolare ed emerge assai meno alla marea bassa; colà abbondano le specie ad arborescenze più estese e più fragili e i detriti che ne risultano sono più copiosi. In breve la barriera non è altro che un atoll lineare, parallelo ad una costa più o meno lontana.

Distribuzione delle isole madreporiche. — Le costruzioni madreporiche non s' incontrano che nei mari equatoriali e tropicali, il che è quanto dire ove la temperatura delle acque superficiali è più elevata; tuttavolta, in certi tratti estesissimi di quegli stessi mari, per esempio lungo la costa occidentale dell' America meridionale, esse mancano completamente per effetto di cause non sempre palesi. Lungo i lidi occidentali dell'Africa e attorno alle isole del Golfo di Guinea non si sviluppano, a quanto pare, a cagione dei numerosi fiumi che ivi spandono le loro acque dolci e i loro sedimenti, le une e gli altri esiziali alla vita dei polipi coralligeni. Dana crede che la temperatura media delle

acque, durante la stagione fredda, e gli effetti nocivi di recenti eruzioni vulcaniche abbiano maggiore influenza sulla distribuzione dei banchi di corallo di quella che loro ne conceda il Darwin. Sembra che i polipi coralligeni non possano vivere ad una temperatura inferiore a +20° e che perciò la loro distribuzione geografica sia coordinata alla isochimene corrispondente appunto a quel grado. Nella zona compresa fra le isochimene +20° e +23°,4 alcuni tra i generi che contano i più alacri edificatori (per es. *Madrepora*) mancano, ed altri (*Fungia, Astrea* ecc.) sono assai scarsamente rappresentati.

È certo d'altronde che l'allignare o no dei corallari non dipende solo da cause fisiche, ma anche da un complesso di circostanze d'ordine biologico, la cui determinazione è assai difficile. Molti animali marini si cibano di quei polipi, altri invece sono assidui distruggitori dei loro nemici; briozoi ed alghe incrostanti difendono efficacemente le madrepore dall'azione demolitrice del mare. Da ciò si comprende come l'esistenza e la mancanza degli industri fabcatori di scogliere debba essere subordinata alla presenza e alla mancanza di certi pesci, molluschi ed echinodermi e perfino di infimi organismi, i quali, ad onta della loro piccolezza, hanno una gran parte nell'economia degli oceani.

Altra ricerca importante per lo studio che qui ci occupa, si è la determinazione della profondità alla quale i polipi possono vivere e moltiplicarsi. Naturalmente questa varia col variare della specie; ma in tesi generale è relativamente piccola, non oltrepassa cioè i 37 metri, anzi il più delle volte non arriva ai 30. Si trovano bensì dei polipai a profondità maggiori, ma son privi de' loro polipi, e vi furono trasportati da cause estrinseche. Il limite accennato, convien dichiararlo, è però relativo alle specie cui si deve la costruzione d'isole e di scogliere, non ad altre che

vivono solitarie o in piccole colonie. Esso limite sembra affatto indipendente dalla temperatura.

Accrescimento rapido delle costruzioni madreporiche. — Le notizie recate dai viaggiatori e dai naturalisti sulla rapidità d'accrescimento dei coralli sono scarse e qualche volta contraddittorie. Peraltro, si può argomentare da osservazioni degne di fede che, ove si verificano circostanze propizie, l'accrescimento dei polipai, tanto nel senso verticale quanto nell'orizzontale, può essere rapidissimo. Per citare un esempio in proposito, dirò che nel Golfo Persico, una nave ebbe il rame del suo scafo ricoperto di polipai per la spessezza di due piedi in circa 20 mesi.

Agassiz riferisce i seguenti fatti da cui si manifesta l'accrescimento dei coralli nelle regioni tropicali:

Alla base del forte *Jefferson*, costruito sopra una roccia madreporica, gli operai addetti alla costruzione dell'edifizio osservarono che in 10 anni i coralli erano cresciuti di 25 centimetri.

Un *brik* colato a fondo nel 1850, appunto in vista di eseguire un esperimento in proposito, fu tratto a galla nel 1858 e si trovò coperto di una crosta di meandrine di 25 centimetri di spessezza.

Allen spedì da *Key-West* a Agassiz alcuni frammenti di meandrine tolti alla diga (*brise-lame*) del forte *Taylor*, i quali in 12 o 15 anni avevano acquistato una spessezza ineguale nei varii punti, ma non minore in media di 25 centimetri. Altri frammenti raccolti nella stessa località hanno 50 a 60 centimetri di lunghezza, ma appartengono alle specie più ramose e leggiere.

Origine degli atoll, delle barriere e dei frangenti. — Siamo giunti al problema capitale degli edifizi madreporici. Perchè gli uni assumono forma anulare o costituiscono barriere parallele alle coste, mentre altri costituiscono frangenti littorali?

Circa l'origine degli atoll si ammetteva generalmente, prima dei lavori di Darwin, un'ipotesi la cui insussistenza non ha bisogno di essere dimostrata; si credeva che fossero cresciuti sul margine di crateri vulcanici sottomarini, il che supponeva l'esistenza di spiragli vulcanici di 10, 60 e persino 88 miglia di lunghezza, in regioni nelle quali manca ogni traccia di formazioni eruttive e ove mai non si manifestarono fenomeni vulcanici.

Fin da molti anni addietro Chamisso avvertì che, abbisognando ai coralli, per prosperare, l'onda pura e viva dell'aperto mare, ove esiste un basso fondo a profondità opportuna, essi debbono svilupparsi più fitti e più rapidamente alla periferia, anzi al margine del banco, e perciò, giungendo primi alla superficie, impedire il successivo accrescimento di quelli che avessero preso attacco nella regione interna; da ciò la disposizione ad anello ([1]). Se il banco avrà la superficie piana e pareti scoscese è chiaro che risulterà una costruzione madreporica conforme all'atoll.

Ma, prescindendo da molte altre considerazioni, è egli ammissibile che in alto mare nel bel mezzo del Pacifico esistano sì numerosi banchi sommersi *pianeggianti e a pareti quasi a picco?* È egli possibile che tutti raggiungano quasi esattamente la medesima profondità, come si dovrebbe necessariamente ammettere accettando l'accennata interpretazione? È ovvia la risposta a tali domande e però convien respingere, almeno per la pluralità dei casi, la spiegazione di Chamisso.

La causa misteriosa da cui si ripete la forma delle isole anulari e quella delle barriere (che ne sono per così dire particolari modalità) non è altro che un lento abbassamento dei fondi marini, combinato con un progressivo accrescimento delle costruzioni madreporiche. Tutta la re-

([1]) *Premier voyage de Kotzebue*, III, p. 331.

gione degli atoll e delle barriere, infatti, si avvalla, e le sue terre (tranne, s' intende, quelle che provengono dagli stessi coralli) altro non sono che residui di continenti sommersi, destinati a scomparire alla loro volta, come avanzi d'un gran naufragio.

Mentre il fondo del mare si abbassa e i lembi dei continenti e delle isole gradatamente si sommergono, i polipi mantengono con indefesso lavoro i loro edifizi a fior d'acqua, innalzando nuovi polipai su quelli delle precedenti generazioni. Pertanto, l'immersione lenta di una costa che non sia tagliata a picco dà origine per necessità ad una barriera, mentre quella d'una vetta montuosa, ovvero di un' isola, provoca in prima la formazione d' una barriera circolare, poi dà luogo, perdurando il movimento discendente, ad un vero atoll. Quantunque i litofiti viventi non abbiano la facoltà di innalzarsi sopra il livello del mare, l'atoll e la barriera generalmente emergono più o meno, perchè si accrescono di detriti accumulati dai marosi alla loro superficie e bene spesso, germogliandovi semi trascinati dalle correnti o trasportati dagli uccelli, si adornano di rigogliosa vegetazione terrestre; poi svariati animali e l'uomo stesso eleggono il loro domicilio e si moltiplicano sul fragile edifizio. I polipi intanto lottano costantemente non solo per compensare il lento abbassarsi del fondo, ma per difendere l'opera loro dall'azione distruttiva dell'oceano e dell'atmosfera, e con instancabile attività innalzano ripari e chiudono brecce contro l'onda erompente.

Per converso, laddove esistono frangenti littorali, la terra non ha subìto di recente sensibili avvallamenti e in molti casi si puó asserire che si sia sollevata. Così accadde sicuramente ove si hanno frangenti marginali od interni collocati ad una certa altezza sul livello del mare, ove si osservano anche letti di conchiglie marine recenti all' asciutto, spiaggie emerse, terrazzi paralleli alle rive ecc.

In realtà una catena di frangenti si può convertire poco a poco, secondo i casi, in una barriera o in un atoll, se al bradisismo negativo ne succeda uno positivo e similmente una barriera è suscettibile di passar lentamente alla condizione di frangente, quando si verifichi il caso inverso. Un periodo d'immobilità dopo un avvallamento può dar luogo al colmarsi dell'intervallo fra la barriera e la riva per opera di detriti o al colmarsi nel medesimo modo della laguna interna nelle isole anulari. Da ciò si comprende come esistano tipi di scogliere di ben difficile interpretazione che costituiscono come una graduata transizione fra quelli di cui ho tenuto discorso.

Quanto agli *abrolhos* il significato loro in ordine ai bradisismi è ancora incerto; è probabile che si sviluppino sopra bassifondi immobili o animati da lentissimo movimento ascendente e che la completa emersione loro sia impedita da speciali condizioni idrografiche.

Obbiezioni alla teorica di Darwin. — Recentemente contro queste vedute di Darwin si è prodotta in Germania una sorta di reazione. Osservatori diligenti fecero conoscere alcuni casi di scogliere madreporiche anulari o a barriera in località che indubbiamente non avevano subito depressione alcuna e credettero perciò di dover ritornare alla antica ipotesi di Chamisso. Pur concedendo che in casi speciali il fatto accennato si verifichi, come lo stesso Darwin ammetteva, non è men vero che costituisce una eccezione, non è men vero che nelle condizioni normali l'esistenza di coralli morti, di specie edificatrici, alla parete esterna delle scogliere ad anello o a barriera, sotto al più basso livello cui le medesime specie possono vivere è prova incontrastabile di depressione, come pure l'esistenza di polipai in posto sopra il più alto livello della marea è, nel caso di molti frangenti, segno sicuro di sollevamento. Ciò ben inteso quando si ammetta la stabilità del livello marino.

Alle isole *Peliu* il prof. Semper osservò isole anulari con polipai in posto situati alquanto superiormente al livello medio del mare e ne inferì che la regola stabilita da Darwin fosse fallace. Questi replicava che in alcuni casi speciali, straordinari, il fatto di coralli emersi nella laguna di un atoll non è contrario all' ipotesi d' un lento avvallamento del fondo, perciocchè l'accrescimento dei polipai in alcune parti dell'anello può avere per conseguenza di ritardare l'introduzione del flutto ascendente nel bacino interno, in guisa da rendere in esso poco o punto sensibile l'azione della marea. D' altronde, si trattasse pure di vero e proprio sollevamento, questo fenomeno non escluderebbe punto la possibilità di una depressione verificatasi anteriormente. La circostanza che le isole *Peliu* si trovano in una regione vulcanica rende assai verosimile il supposto che vadano soggette ad oscillazioni irregolari.

Dana, tanto accurato, tanto coscienzioso nelle sue indagini, non nega che gli atoll e le barriere non ripetano l'origine loro dall'avvallamento del fondo; senonchè egli crede che molte di tali scogliere situate tra il gruppo di *Pomotù* all' est e le isole *Figi* all' ovest, subirono posteriormente un movimento in senso inverso [1]. Couthouy giunge da canto suo alla medesima conclusione per quanto concerne il gruppo di *Pomotù*. Ciò perchè, secondo questo osservatore, colà si vedono coralli in posto, non logori, emersi sopra il livello del più alto flusso, e, incastrate nei coralli, grosse tridacne che certo non si sarebbero sviluppate sopra il livello medio della marea. Darwin osserva, nell' ultima edizione della precitata memoria, che anche in questo caso il fenomeno può essere avvenuto dopo la formazione degli atoll, pur restando essi ad un livello stabile, in seguito all' accrescimento esterno della scogliera.

(1) *Corals and coral islands*, 1872, pp. 199, 345.

Ognun vede, infatti, che, ostruiti o ristretti i canali di comunicazione fra l'esterno e la laguna, facilmente poteva accadere che la marea non si facesse più sentire internamente fino a tanta altezza. Anche la forma della spiaggia, suscettibile di variare, per effetto delle correnti e del moto ondoso del mare, può far sì che i marosi salgano più o meno all'esterno della scogliera e che quindi i coralli possano vivere talvolta ad un livello più alto dal normale.

Movimenti lenti della corteccia terrestre, nelle regioni in cui si trovano le varie sorta di edifizi madreporici. — L'abbassamento dei fondi marini nelle regioni degli atoll e delle barriere non è già un'ipotesi gratuita, immaginata pel bisogno della causa, ma un fatto in molti luoghi ben dimostrato. Negli arcipelaghi delle *Caroline* e di *Marshall* si narra di isole intere spazzate dalla tempesta e convertite in bassi fondi. A *Puinipete,* una delle *Caroline*, si vedono ancora le rovine di una città, che già fu invasa dal mare e a cui non si può più accedere che in battello. L'isola *Whitsunday*, alla quale Wallis assegnava 4 miglia di lunghezza e 3 di larghezza, non misurava più, dopo cinquant' anni, che un miglio e mezzo nella maggiore dimensione; fra altri cinquant' anni sarà forse ingoiata dall' oceano. Gli abitanti delle *Maldive* assicurano che nel 1605 le alte maree coprirono alcune isole del loro arcipelago, le quali più non ricomparvero. In parecchi atoll i terremoti son frequenti ed hanno per effetto un visibile abbassamento. Si cita pure un'isola anulare, il cui moto dall' alto al basso è fatto palese da profonde fenditure del suolo.

Valendosi delle proprie e delle altrui investigazioni, Darwin compose una carta dei mari equatoriali e tropicali, nella quale sono distinte, per mezzo di colori e segni convenzionali, le coste munite di frangenti e quelle recinte di barriere, nonchè le scogliere circolari od atoll. Vi figurano, parimente rappresentati da segni particolari, i

vulcani e le catene o serie di vulcani attivi. Si vede a tutta prima e con perfetta evidenza, dalla ispezione di questa carta, come il Pacifico sia attraversato dal nord-est al sud-ovest da una vasta zona di depressione che abbraccia le *Caroline,* gli arcipelaghi *Marshall, Gilbert, Ellice, Taiti, Pomotù* e molte altre isole e gruppi d'isole, zona alla quale forse si connettono altri avvallamenti dello stesso Pacifico, della *Papuasia,* dell'Australia, del Mar della Cina, ecc. Vi è pur segnata con perfetta chiarezza un'altra cospicua area di abbassamento che comprende le *Lacchedive,* le *Maldive* e i gruppi di *Chagos* e *Saya* di *Malha*, nell'Oceano Indiano. Vi si nota, d'altra parte, come il tipo dei frangenti sia proprio a tutte le coste delle Indie Occidentali, all'Arcipelago Indiano, alle *Molucche*, alle *Filippine*, alle isole *Salomone*, alle *Nuove Ebridi,* alle isole *degli Amici,* a gran parte di Madagascar, della costa orientale d'Africa e dell'isola di *Seilan.* In quasi tutte queste regioni si manifestano, come dissi, tracce di estesi sollevamenti.

VI. DEI FOSSILI COME MEZZI DI RINTRACCIARE L'ETÀ RELATIVA DEI BRADISISMI.

Fossili marini. — I fossili dei cordoni littorali e delle spiaggie emerse consistono principalmente in conchiglie marine, coralli, echinodermi e foraminifere; ma le prime sono sempre le più caratteristiche e sogliono fornire quasi esclusivamente i criteri distintivi.

Dallo studio di questi fossili si può talvolta desumere l'età approssimativa del sollevamento, applicando le regole e i criteri ben noti della paleontologia. Senonchè, trattandosi di apprezzare, nel caso presente, differenze di tempo relativamente lievissime, fa d'uopo scèndere all'osserva-

zione di minuziosi particolari, a peculiari confronti, che dai paleontologi generalmente si trascurano.

Prima di tutto, convien vedere se, tra i fossili rinvenuti nel deposito che si esamina, alcuni appartengono a specie estinte. Se la proporzione di queste non è superiore al 15 per cento, si ammette, in tesi generale, che spettano al periodo quaternario o all' attuale (1); se è maggiore, si riferiscono al pliocene o ad una delle divisioni più antiche dei tempi geologici.

Codesta distinzione, giova avvertirlo, è puramente sistematica e convenzionale, poichè, dal punto di vista paleontologico, si può dire che tra il pliocene e l'attualità vi sia lenta, graduata transizione, non lacuna, non scissione di sorta; di più, per l'incertezza che regna circa il modo d'interpretare la specie, è meno determinata di quanto paia. Ma è pur necessario che una divisione qualunque si stabilisca, per separare due fasi tanto diverse nel loro complesso e per circoscriverne lo studio. Essendo mio proponimento di occuparmi soltanto dei bradisismi post-terziari ed attuali, mi asterrò dallo imprendere la disamina dei giacimenti in cui le specie estinte fossili superano il 15 per cento del totale, la quale mi condurrebbe in un campo

(1) C. Mayer, uno dei geologi cui dobbiamo più diligenti studi sui terreni cainozoici, contemplava il nostro quaternario sotto il nome di *étage saharien* e vi distingueva dall' alto al basso le 4 suddivisioni seguenti:

1. Strati della *Valle di Roy* (*Scozia*).
2. Strati di *Zurigo*
3. Strati di *Saint Acheul* (*Somme*)
4. Strati di *Cromer* (*Norfolk*).

A quest'ultima suddivisione egli ascriveva il sansino a *Elephas meridionalis* della *Toscana*, le ghiaie dell' *Astigiano*, contenenti lo stesso fossile, e, con dubbio, i depositi marini dell' isola d'*Ischia* e di *Castrogiovanni* in Sicilia (vedasi il « *Tableau Synchronistique des terrains tertiaires sup.*, Zurich 1868 »). In un ordinamento posteriore (1881), Mayer scinde il suo *Saharien* in tre sole divisioni: *Acheulin*, *Durntenin* e *Cromerin;* fra le quali la seconda corrisponde ad una fase interglaciale.

infinitamente vasto, in cui sarebbe per me imprudente e intempestivo lo inoltrarsi.

Limitando le mie considerazioni ai fossili quaternari ed attuali delle spiaggie emerse e dei cordoni littorali, ricorderò in prima come, fra le scarse specie estinte che vi s'incontrano, alcune appartengono a tipi decisamente pliocenici, mentre altre possono ascriversi a varietà, a modificazioni più o meno spiccate di specie viventi; dal numero rispettivo delle prime e delle seconde si desume un criterio cronologico. Buon numero di specie fossili dei giacimenti quaternari, ed attuali sono estinte nei mari più prossimi; ma vivono in altri paraggi più o meno lontani; queste forniscono al caso nostro preziose indicazioni. È noto il fatto delle specie artiche (*Cyprina Islandica,* Lin., *Mya truncata,* Lin., *Mactra solida*, Lin., *Panopaea Norvegica*, Spengl., *Trichotropis borealis,* Brod. e Sow., *Fusus antiquus*, Linn. ecc.), che distinguono sulle coste della *Sicilia* depositi quaternari, formatisi indubbiamente ai primordi della fase glaciale (¹). In questi casi bisogna tuttavia procedere guardinghi nel concludere, perciocchè recenti scoperte hanno mostrato come non poche specie, credute fin qui proprie ai mari artici, vivono ugualmente nell'Atlantico meridionale e nel Mediterraneo; ma confinate negli alti fondi.

Anche in depositi assai posteriori all'epoca glaciale, si trovano specie ora emigrate da quelle località, specie la cui presenza è suscettibile di spargere qualche luce sull'età del deposito non solo, ma anche sulle condizioni fisiche e climatologiche del mare in cui si formava.

Negli strati archeologici, superficiali, della caverna delle *Arene Candide,* in *Liguria,* la cui formazione risale, secondo

(¹) Monterosato, *Catalogo delle conch. di M.ᵉ Pellegrino e Ficarazzi, Boll. del R. Comit. geol.*, 1877, n.° 1-2.

ogni probabilità, a 18 o 20 secoli addietro, si trovano numerosi gusci di *Purpura haemastoma*, residuo di pasti di quei cavernicoli, gusci dai quali si può inferire che la specie di cui si tratta fosse allora comune in *Liguria*; mentre adesso vi è tanto rara che può dirsi estinta (¹). Da questo fatto la *Purpura haemastoma* acquista, almeno come indizio, un significato cronologico. Fra le conchiglie terrestri della medesima provincia, potrei citarne parimente una, l' *Helix muralis*, che fu comune al principio del secolo ed ora è scomparsa; potrei ricordarne un' altra, l' *Helix Ramoriniana*, che visse nel *Finalese* durante i tempi quaternari, coll' *Ursus spelaeus*, la *Felis spelaea*, la *Felis antiqua*, durò ancora nei tempi successivi, fino alla seconda età della pietra, poi si estinse.

La scoperta fatta dal Nordenskjöld di numerosi gusci *Mytilus edulis* nei depositi recenti dello *Spitzberg*, mentre comprova il fatto del sollevamento, attesta un mutamento di clima, avvenuto colà dopo la formazione di tali depositi; perciocchè il mollusco precitato è ormai scomparso dalle acque di quell' arcipelago.

I gusci d' ostriche, di cui in sì gran parte risultano i *Kjökken-mödding* della Danimarca, sono prova evidente di un cambiamento verificatosi nella regione del mare vicino, in cui tali molluschi più non allignano, perchè la salsedine è troppo scemata pel progressivo sollevarsi del fondo. Le *Littorina*, i *Mytilus* e i *Cardium*, le cui spoglie si trovano con quelle delle ostriche, nelle medesime condizioni, vivono ancora nel *Baltico*, non lunge dai *Kjökken-mödding*, ma non vi raggiungono più le dimensioni normali (²).

(¹) La specie precitata è tuttora assai comune sulle coste della *Tunisia* e dell'*Algeria* e alle *Baleari*. Ne conosco un solo esemplare della *Liguria*, comunicatomi dal prof. Gentile di *Portomaurisio;* ma io, in 20 anni di ricerche, non ve l' ho mai trovata.

(²) Lyell, *L'ancienneté de l'homme etc.*, trad. Chaper, Paris 1864, p. 12 e 393.

Anche le ossa dei grandi cetacei, di cui alcune specie scomparvero dai mari europei, nei tempi storici, possono somministrare utili dati per assegnare un posto determinato nella cronologia ai depositi littorali che le ricettano.

Non meno importante è lo studio comparativo delle varietà, delle mutazioni, delle più minute differenze che presenta ciascuna specie, nei depositi recenti di varie epoche. Mediante l'apprezzamento di simili caratteri nelle conchiglie terrestri, Bourguignat crede persino di poter giungere alla cognizione approssimativa dell'età assoluta di tali fossili ([1]). Senza andar tanto oltre, è certo che su questa via, poco battuta, la paleontologia ha molte conquiste da fare.

Ognun vede, intanto, da questi pochi esempi, di cui facilmente si aumenterebbe il numero, come lo studio delle conchiglie e degli altri fossili dei depositi littorali non di rado sparga molta luce sulla data dei sollevamenti e sulle circostanze che li accompagnarono.

Fossili d' acqua dolce e terrestri. — Gli avvallamenti manifestansi talvolta con depositi estramarini, giacenti sotto il livello dell' oceano, e quindi si presenta il caso che anche i fossili lacustri, fluviali e d' estuario, nonchè i terrestri che d'ordinario li accompagnano, debbano essere contemplati ed acquistino, nella indagine di cui si tratta, un' importanza cronologica. Nelle caverne e nelle breccie ossifere si dà l' esempio, assai raro per verità, di depositi prettamente terrestri, se così posso esprimermi, discesi, per effetto del bradisismo, al disotto dell'alta marea, ove ora non potrebbero più prodursi.

È da notarsi, in proposito, il fatto, che, tanto le faune d'acqua dolce quanto le terrestri, offrono, per un mede-

([1]) Bourguignat, *Souvenir d'une exploration scient. dans le nord de l'Afrique*, Paris, 1868-70.

simo orizzonte geologico post-terziario, una proporzione di specie estinte doppia o triplice delle faune marine. Qui si accenna principalmente ai molluschi; ma la differenza si mantiene e diventa anzi maggiore, se si contemplano comparativamente, nelle faune marine e terrestri, le classi più elevate e segnatamente i mammiferi. Senonchè, nell' angusto confine delle formazioni post-terziarie, i materiali di confronto, relativi ai vertebrati, che servono di base a tali deduzioni, sono insufficienti.

Non mi dissimulo, intanto, che queste nozioni generali non sono suscettibili di essere presentate in termini abbastanza rigorosi e precisi, perciocchè esiste ancora molta incertezza nei rapporti cronologici, nel sincronismo, come dicesi da taluno, delle formazioni terziarie d' acqua dolce e marine.

Fra i fossili dei terreni recenti, il cui studio è applicabile, per conseguenza, alle indagini di cui tengo discorso, assai pochi, relativamente, appartengono al regno vegetale. Tali sono le impronte che si trovano in certi tufi e travertini quaternari; tali sono i legnami ed altri residui vegetali, fluitati, che s'incontrano nelle regioni artiche, sopra antiche rive, alle quali più non pervengono le onde marine. Un prodotto che deriva dall' alterazione di certe piante, la torba, per le speciali condizioni nelle quali si forma, somministra non di rado un mezzo efficace per riconoscere nei depositi d' estuario gli antichi livelli cui giunsero le acque salmastrose e dolci. Così, i letti di torba che s' incontrano nel sottosuolo di *Venezia,* coi trafori artesiani, fino alla profondità di oltre 85 m., sotto il piano della città, danno la misura della depressione subita da quel territorio.

Nelle torbiere della Danimarca, d' altra parte, il pino di Scozia (*Pinus silvestris*), certe varietà di quercia (*Quercus robur*), le betulle (*Betula, alba*, *B. verrucosa*),

il faggio ed altre piante, forniscono criteri di molto valore per distinguere i diversi periodi di formazione della torba (1).

Documenti pertinenti alla paletnologia. — Estendendo alquanto il significato che si suole attribuire ai fossili propriamente detti, è lecito comprendere fra essi: armi, utensili, suppellettili, ornamenti, amuleti, residui di pasti; cioè tutta la numerosa congerie di manufatti e di avanzi che l' uomo, in tempi anteriori alla storia (almeno alla storia locale), lasciò nei luoghi ove ebbe dimora e in cui collocò le tombe dei suoi morti. È noto come dallo studio di questi oggetti la paletnologia, nuovo e fiorentissimo ramo di scibile, tragga criterî cronologici di molto valore e; giovandosi ad un tempo degli insegnamenti e dei metodi della paleontologia e della archeologia, stabilisca un nesso logico fra le due scienze.

Nello studio dei bradisismi, trattandosi di apprezzare bene spesso la durata di tempi relativamente brevi e recenti, dal punto di vista geologico, la paletnologia offre un sussidio prezioso. Così, dal ritrovamento di antichi manufatti di età determinata, entro depositi originariamente formatisi sopra il livello medio del mare ed ora giacenti a profondità più o meno grande sotto questo orizzonte, è possibile di giungere alla cognizione dell' età assoluta di tali depositi e quindi alla misura del movimento secolare da essi subito.

Ognun sa come sia generalmente ammessa la divisione dei tempi preistorici nelle tre età *della pietra, del bronzo* e *del ferro;* ma il significato di questa divisione è relativo, non assoluto. E qui cade opportuno il ripetere alcune osservazioni che esposi in proposito qualche anno addietro:

(1) Lyell, *Opera citata*, p. 9.

« Ben s' intende, innanzi tutto, come essa valga soltanto ad esprimere gradi successivi di svolgimento pei quali passarono gran parte dei popoli europei (probabilmente non tutti) prima di giungere alla condizione presente, e sia subordinata a circostanze locali, perciocchè uno degli accennati periodi potè durar meno in tal territorio che in tal altro, o anche mancare affatto. Si crede generalmente, a cagion d' esempio, che la Germania e la Scandinavia fossero appena giunte all' età del bronzo, quando l' Italia e la Grecia, già in possesso del ferro, godevano di una civiltà relativa. Io ritengo, che nella nostra stessa penisola certe tribù montane, che vissero segregate da ogni altro popolo, conservassero i barbari costumi propri all' età litica fin quasi all'aurora dei tempi storici.

» D' altra parte, le recenti indagini tendono a ridurre sempre più il campo dell' èra del bronzo e legittimano il supposto, che in molti luoghi l' uomo sia passato senza transizione dall' uso della pietra a quello del ferro. Intanto, quand' anche si respingano le conclusioni del Bourgeois e del Tardy, circa il ritrovamento delle selci scheggiate dall' uomo in formazioni mioceniche, non è men vero che l' età della pietra abbraccia uno spazio di tempo incomparabilmente più lungo delle due successive, e risale, anche secondo i più moderati apprezzamenti, fino all' epoca in cui i ghiacciai alpini occupavano le grandi vallate e parte dei piani circostanti.

» Questi riflessi giustificano la proposta del Lioy, il quale vorrebbe abolite le denominazioni di età della pietra, del bronzo e del ferro, e adottate invece quelle di *litoplidi, calcoplidi*, *sideroplidi* (armati di pietra, di rame, di ferro), applicabili agli uomini e non ai tempi. Tuttavolta, il criterio delle tre epoche preistoriche, anzi delle quattro, ammettendo la divisione dell' età della pietra in *neolitica* ed *archeolitica,* quantunque, da solo, affatto insufficiente, è

ancora necessario alla scienza [1], ma fa d' uopo che sia applicato con prudenza, tenendo sempre conto delle circostanze locali; fa d'uopo che, nelle determinazioni cronologiche dei depositi antropozoici, lo studio dei residui organici abbia sempre la precedenza su quello dei manufatti; fa d' uopo, finalmente, che s' introducano ulteriori suddivisioni nella prima età litica, la cui ampiezza non è proporzionata a quella delle età successive.

» Un primo tentativo di suddivisione della età della pietra si deve a G. de Mortillet, il quale, rispettando la separazione già introdotta nella scienza da Lubbock tra il periodo neolitico e l'archeolitico, cangia il nome del primo in *Robenhausien* (dalla località di *Robenhausen*) e scinde il secondo in: *Magdalénien, Solutréen, Moustiérien, Acheuléen,* dal nome di quattro celebrate stazioni preistoriche della Francia (*La Madeleine, Solutré, Moustier, Saint Acheul*).

» Al *Magdalénien*, che è il più recente, spettano lunghe lame prismatiche di silice, o coltelli, seghe, lisciatoi, punteruoli, associati ad una gran varietà d'armi e di suppellettili d' osso e di corno; al secondo periodo appartengono utensili litici foggiati con molta diligenza, e specialmente cuspidi appuntate alle due estremità, in forma di foglia d' alloro; al terzo si riferiscono punte silicee, assai meno perfette, per lo più scheggiate sopra una sola faccia, ed appuntate ad una estremità; l'età più antica, finalmente, è distinta da rozzi e voluminosi strumenti di selce e di quarzite, di forma presso a poco amigdaloide e scheggiati sulle due faccie.

» È questo, senza dubbio, un ordinamento assai utile

« [1] Archeolitico si disse il periodo più antico dell' età della pietra, durante il quale gli strumenti litici si lavorarono colla scheggiatura, neolitico il periodo più recente, in cui si conobbe l' arte di foggiar la pietra colla levigatura ».

per certi casi speciali, ma bisogna guardarsi dall' applicarlo, senza attenta disamina, alle stazioni preistoriche lontane da quelle scelte a termini di confronto. È infatti probabilissimo, se non certo, che le forme e i tipi delle armi litiche variassero da un punto all' altro, presso i diversi popoli, secondo le attitudini di ciascuno e secondo la natura dei materiali adoperati, precisamente come, presso le odierne tribù e nazioni dell' Africa centrale, variano, a breve distanza, le foggie delle suppellettili e degli utensili. Inoltre, alle età più recenti si riferiscono utensili accurati e perfetti ed altri assai grossolani che simulano quelli propri ai tempi più remoti. E poi, come discernere gli strumenti improvvisati per soddisfare alle necessità del momento e le scheggie di rifiuto, dei periodi meno antichi, dai prodotti costantemente rozzi dell' industria primitiva?

» Da siffatte obbiezioni al sistema di de Mortillet risulta palesemente che la paletnologia è da sola impotente a risolvere i più essenziali quesiti della cronologia preistorica; essa non può andar disgiunta dalla paleontologia. Persuaso di questa verità, Edouard Lartet stabilì una suddivisione della così detta epoca archeolitica, tutta fondata sui resti dei mammiferi fossili che trovansi associati ad oggetti d' antica industria umana, nei depositi delle caverne. Egli suddivise quest' epoca in tre periodi, ciascuno dei quali è distinto dalla prevalenza d' una specie di mammiferi. L' *Ursus spelaeus* sarebbe la specie caratteristica del più antico, il mammut (*Elephas primigenius*) del successivo, il renne (*Cervus tarandus*) del terzo. Ma, siccome il mammut si trova quasi sempre associato all' orso delle caverne e ad altri quadrupedi della medesima età, Dupont è d' avviso di riunire i due primi periodi in un solo.

» Senonchè, ammettendo pure l' emendamento proposto dal dotto direttore del museo di *Bruxelles*, questo ordinamento dà luogo anch' esso a molte incertezze, e, in

pratica, la sua applicazione è talvolta impossibile. Il renne, infatti, comunque caratteristisco del secondo periodo, non manca nei depositi del primo; quindi, la distinzione è basata più che altro sulla copia relativa degli avanzi di quel ruminante; criterio, come ognun vede, assai lieve. Di più, la specie cui si attribuisce sì alto valore nella cronologia dei depositi delle grotte, non ha varcato le Alpi, manca all' Italia, come manca probabilmente alla Grecia, alla Turchia e alla Spagna meridionale (¹) ».

Tanto il criterio paleontologico quanto il paletnologico, adunque, non possono dirsi assoluti; l'applicazione loro non è possibile utilmente che in località determinate, in casi speciali e con certe riserve. Ma il valore di entrambi si accresce quando possono essere adoperati simultaneamente.

Qui, per esaurire il soggetto, si converrebbe trattar pure dei soccorsi che possono provenire dall' archeologia propriamente detta, dall' architettura e dalla storia alla cronologia dei bradisismi. Ma, a costo di lasciar incompiuto il proprio lavoro, lo scrivente preferisce non inoltrarsi sopra un terreno che non è il suo e sul quale si sentirebbe troppo a disagio.

VII. Avvertenze relative alle osservazioni mareografiche e alle livellazioni.

Azioni perturbatrici del livello medio del mare. — Quantunque istituiti per servire a ricerche di un ordine affatto diverso da quello che qui ci occupa, i mareografi somministrano il mezzo più sicuro di misurare le oscillazioni che si producono *attualmente* lungo lo coste. Ma, acciocchè forni-

(¹) *Le caverne ossifere e i loro antichi abitanti*, *Nuova Antologia*, serie II, vol. X, 15 luglio 1878.

scano indicazioni apprezzabili ed esatte, fa d'uopo che sieno attivi da lunghi anni, che la scala loro non abbia subito alcun spostamento e che, infine, il collocamento loro presenti le debite garanzie di stabilità. La prima condizione si verifica soltanto per un piccolo numero di mareografi e, pertanto, non possiamo ricavar fin qui da tali apparecchi che scarsi documenti.

Per quanto concerne i migliori sistemi di mareografi; le cautele da prendersi per la costruzione loro e il modo di registrare le osservazioni, rimando il lettore alle opere speciali in cui si tratta di questa materia colla debita competenza. Mi preme soltanto, a proposito dei mareografi, d'insistere su certi fenomeni e su certe condizioni suscettibili di indurre mutamenti temporarii nel livello medio del mare e di alterare, colla loro irregolarità, i risultati delle osservazioni.

Prescindendo dalle maree e dal moto ondoso del mare, le cui vicende si studiano appunto col mareografo, prescindendo dalle lentissime oscillazioni che si produrrebbero negli oceani, secondo le ipotetiche dottrine di Croll, di Trautschold e d'altri, i venti costanti determinano in certi paraggi una depressione delle acque, la quale sotto i tropici, fra l'Africa e l'America, raggiunge circa due metri. La temperatura, le pioggie più o meno copiose e specialmente le differenze nel grado di salinità, tra una regione e l'altra, hanno pure una influenza notevolissima sul livello del mare (1). Bouquet de la Grye introduce perciò nella determinazione del valore medio delle maree il criterio del grado clorometrico delle acque; il qual criterio si traduce in una correzione che può raggiungere quasi un decimetro. Lo stesso autore attribuisce, per le varie cause anzidette, al mare che bagna le coste dell'America

(1) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences*, 1875, 2.° sem., p. 1240.

settentrionale, un livello medio più alto di 4 metri di quello dell'Atlantico, nei pressi del *Capo Verde* (¹).

Siffatte perturbazioni spiegano perchè la livellazione di precisione testè eseguita in Francia, mediante i sistemi più perfetti e colla massima diligenza, abbia dimostrato che il livello medio del Mediterraneo differisce sensibilmente da quello dell'Oceano. Riferendo il livello medio dei vari punti a quello osservato a ***Marsiglia,*** quale termine di paragone, si ebbero i risultati seguenti (²).

Marsiglia	0.^{m}000	*Granville* . . .	0.890
Bayonne	0.856	*Cherbourg* . .	0.895
Arcachon	0.600	*Carenton* . . .	0.857
La Rochelle	0.400	*Le Havre* . .	0.341
Les-Sables-d'Olonne. .	0.589	*Dieppe*	0.659
Saint Nazaire . . .	0.747	*Boulogne* . . .	0.836
Brest	1.022 (³)	*Calais*	0.733
Saint Malo	0.945	*Dunkerke* . .	0.776
La Houle-sous-Cancale	1.097.		

In complesso, il livello dell'Atlantico e della ***Manica*** è più alto di circa m. 0.75 di quello del Mediterraneo, il che facilmente si comprende, se si pensa alla maggior salsedine di quest' ultimo mare e all' ostacolo che l' angustia dello ***Stretto di Gibilterra*** oppone al ristabilirsi dell' equilibrio. Una differenza dello stesso ordine si è verificata tra il livello del Mediterraneo e quello del Mar Rosso.

Segnali da collocarsi lungo le coste. — All'uso stesso dei mareografi, sarebbero utili, nel caso nostro, segnali collocati sulle coste rocciose, ad altezze note sul livello medio del mare. Acciocchè tali segni riuscissero durevoli ed efficaci,

(¹) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences,* 1875, p. 1240.

(²) Breton de Champ, *Lettre a M.* Delesse, 1875.

(³) Per Bouquet de la Grye la differenza tra i livelli marini di *Marsiglia* e *Brest* sarebbe di m. 1.06.

proporrei che fossero costituiti di due lastre di pietra dura e resistente, come gneiss, scisto quarzoso, quarzite, ftanite, basalte, o simili, sovrapposte ed incastrate nella roccia, colle superficie loro orizzontali, in guisa che dal piano di contatto avesse origine una linea retta orizzontale. Tra la linea così formata e il livello delle basse acque, dovrebbe disporsi un regolo verticale di metallo o di pietra, diviso in metri e, alla parte inferiore, anche in centimetri e millimetri. Mediante questo regolo, si eseguirebbero, per un certo numero d'anni, nei giorni e nelle ore opportuni, osservazioni mareografiche, allo scopo di determinare l'altezza della linea sul livello marino medio. Compiute le osservazioni, il regolo dovrebbe essere rimosso e sostituito da una lapide di pietra dura e tenace, profondamente murata nella roccia, in cui fosse incisa la cifra ottenuta.

La lapide dovrebbe essere collocata a tal altezza, alla quale non giungano i marosi. Quanto alle due lastre, ognun vede che, essendo murate solidamente, l'erosione che avessero a soffrire, per effetto delle azioni meteoriche e delle straordinarie mareggiate, non potrebbe alterare sensibilmente, per lungo volger di tempi, le condizioni del segnale, cioè della linea orizzontale formata dal loro contatto.

Per l'impianto di siffatti segnali, si sceglieranno ripe rocciose, costituite di materiali in posto, sufficientemente compatti, in località ben riparate dalla traversia dominante e possibilmente entro golfi o seni, in cui le acque sogliono mantenersi tranquille. L'altezza loro sulla superficie delle basse acque dipenderà da circostanze locali. Rispetto alla scala provvisoria cui si è accennato, se, per la configurazione della riva, non potrà aver luogo sopra una delle verticali che tagliano la retta orizzontale formata dalle due lastre, si disporrà ad una certa distanza, e le indicazioni che se ne desumeranno saranno riportate, mediante una precisa livellazione, sulla roccia che porta il

segnale. S'intende che, qualora il segnale fosse collocato a breve distanza da un mareografo, riuscirebbe superflua la scala mobile.

Della scelta dei capisaldi nelle livellazioni. — Si è detto che le livellazioni di precisione, ripetute a lunghi intervalli di tempo, nello stesso territorio, sono suscettibili di recare un prezioso contingente alla cognizione dei bradisismi; aggiungerò che sono specialmente importanti per lo studio dei movimenti locali. Queste livellazioni possono riferirsi al livello medio del mare, determinato mediante i mareografi, oppure ad un piano arbitrario, preso per termine di confronto.

Senza entrare nella disamina di quanto ha tratto alla parte pratica e tecnica di queste operazioni, credo opportuno lo esporre poche avvertenze in ordine ai capisaldi da prescegliersi, acciocchè le osservazioni possano fornire certi dati di molta importanza, per risolvere alcuni quesiti attinenti ai bradisismi.

Prima di tutto, i punti pei quali dovrà passare la livellazione saranno scelti sulla roccia viva in posto, ove essa roccia è più sana, più salda, meno soggetta ad alterarsi per opera degli agenti esterni. Convien sopratutto che ivi la roccia non sia esposta all'azione di acque correnti temporarie, nè possa esser coperta da frane. Ciò premesso, nei territori montuosi in cui si hanno stratificazioni a grandi pieghe, i capisaldi dovranno esser posti di pre-

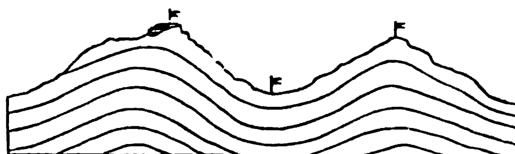


Fig. 1.

ferenza sulle linee sinclinali e anticlinali, alternativamente (*fig.* 1); ciò anche ove la denudazione avesse aspor-

tate le vette delle pieghe (*fig.* 2), o alterata in qualsiasi altro modo la configurazione originaria del suolo (¹). La

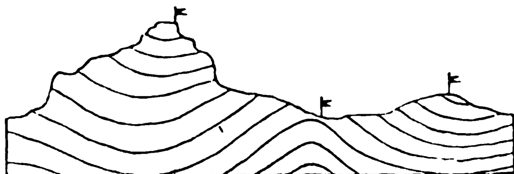


Fig. 2.

medesima avvertenza vuol essere ripetuta anche pei casi in cui le pieghe fossero coricate con qualsivoglia immersione ed inclinazione (*fig.* 3).

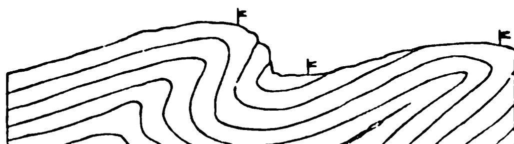


Fig. 3.

Nelle località in cui appariscono fratture e specialmente rigetti, sarà opportuno di collocar qualche punto di mira da una parte e dall' altra di ciascuna soluzione di continuità (*fig.* 4).



Fig. 4.

Ove si hanno masse di roccie cristalline, in contatto di depositi regolarmente stratificati, sarà utile di istituire os-

(¹) Le banderuole, che vedonsi rappresentate negli annessi disegni, stanno ad indicare i punti più acconci pel collocamento dei capisaldi.

servazioni comparative sulle variazioni d'altitudine che, per avventura, si verificassero nelle due maniere di formazioni (*fig.* 5). Simili osservazioni saranno poi da consigliarsi

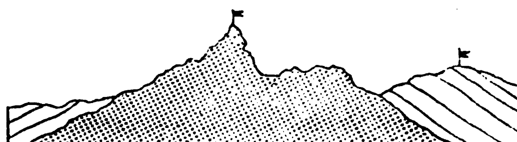


Fig. 5.

ogniqualvolta si danno depositi alluviali recenti, molli, di natura argillosa, in vicinanza di formazioni antiche stratificate o massiccie, come pure laddove emergono roccie eruttive vulcaniche o idrovulcaniche, in mezzo a materiali d'origine acquea (*fig.* 6).



Fig. 6.

È facile comprendere come, osservando siffatte prescrizioni, si possono desumere dai mutati rapporti d'altitudine dei diversi punti, fatti di molto peso per la teoria dei movimenti del suolo.

In ogni caso, importa che la livellazione sia accompagnata da ulteriori misure, allo scopo di mettere in chiaro gli spostamenti che i capisaldi avessero subito anche nel senso orizzontale.

Ove l'erosione fosse molto energica, converrà determinare, almeno approssimativamente, l'azione di questo fenomeno sulle singole roccie che costituiscono i capisaldi e tener conto del valore ottenuto per correggere le cifre date dalla livellazione.

VIII. IRREGOLARITÀ DEI BRADISISMI.

L' osservazione dimostra che, frequentemente, le lente oscillazioni del suolo non sono uniformi e regolari. In punti fra loro assai prossimi, la rapidità del movimento è diversa e, nel punto stesso, si danno, col volger dei tempi, accelerazioni, rallentamenti, periodi d' arresto o di retrocessione. Ma queste irregolarità, quando non furono accertate mercè accurate osservazioni, eseguite durante il fenomeno, di rado lasciarono sicure traccie di se.

Rapidità dei movimenti. — In ordine alla rapidità delle oscillazioni terrestri, facendo astrazione dà quelle che sono puramente locali, di cui mi occuperò in seguito, è a notarsi, prima di tutto, che, ove i terremoti inducono spostamenti permanenti nella corteccia terrestre (il Fuchs ammette che producano depressioni, ma non sollevamenti), i loro effetti non possono distinguersi, generalmente, da quelli dei bradisismi. È bensì vero che, laddove lo spostamento avvenne per terremoto, le frane, le fenditure del suolo, i rigetti, gli edifizi danneggiati o ruinati in modo particolare, manifestano l' azione di scosse più o meno violente; ma questi non sono che indizi e non escludono il concorso, nel medesimo punto, delle due specie di fenomeni.

Anche ammettendo che gli effetti dei terremoti si confondano con quelli dei bradisismi, il fatto di cui si tratta deve essere così raro da considerarsi come lievissima causa di dubbio o d' errore nei nostri apprezzamenti.

Si tratti di terremoto o di bradisismo, ove osserveremo lungo le coste, sopra il livello medio del mare, segni d' erosione assai circoscritti, sotto forma di solchi a confini *netti* e *definiti*, come quello che si vede nella *Grotta delle Capre*, alla base del monte *Circeo*, il fenomeno

dovrà essere attribuito a sollevamento rapido, perciocchè, in caso diverso, tutta la zona compresa fra il livello del mare e il detto solco, dovrebbe trovarsi corrosa in grado uguale o poco minore, essendo successivamente passata pel piano in cui la potenza erosiva si esercita con maggior energia ([1]).

Ove si osserva una zona di roccia perforata dai litofagi, e questa presenta superiormente un limite ben definito, se ne può inferire che un bradisismo ascendente è colà sottentrato ad un periodo di riposo o di movimento lentissimo (*fig.* 7). Che se, all'incontro, apparissero, nella parte

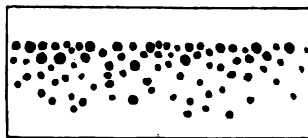


Fig. 7.

superiore della zona traforata, fori sempre più radi, dal basso all'alto (*fig.* 8), il caso potrebbe essere interpretato

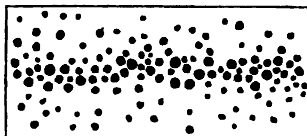


Fig. 8.

nei seguenti modi: o, quando i litofagi cominciarono ad attaccare la roccia, il sollevamento fu tanto rapido da non permettere loro di praticare una zona di fori fitti, come sogliono fare nelle condizioni più favorevoli al loro sviluppo;

([1]) Si comprende di leggieri come simili solchi d'erosione non possono prodursi che in luoghi assai riparati, nei quali l'agitazione del mare si fa sentire entro confini ben circoscritti e con una certa regolarità. Ove il dislivello fra la bassa e l'alta marea fosse grande, e il moto delle acque, per effetto del flusso e del riflusso, fosse lento, è chiaro che la formazione del solco sarebbe impossibile.

oppure, indipendentemente dal bradisismo, l'agitazione del mare o le condizioni della roccia si opponevano al loro spesseggiare; od anche una rapida depressione precedette il sollevamento della zona traforata. In questo caso, le nicchie dei molluschi perforatori, scavate in due periodi di tempo, dalla maggiore o minore alterazione loro, come pure dal grado diverso di conservazione delle conchiglie cui danno ricetto, potranno essere distinte in più e meno antiche. In conclusione, presentandosi l'accennata distribuzione dei fori, non sarà impossibile ad un acuto osservatore, di penetrarne il vero significato, in ordine alle lente oscillazioni del suolo.

Il fatto di un avvallamento rapido, succeduto ad un periodo di riposo o ad un lento bradisismo in senso contrario, potrà palesarsi con una angusta zona di perforazioni *assai fitte*, collocata più o meno al disotto delle basse acque, come mostra la figura 9, nella quale la linea *l l* indica il livello del mare.

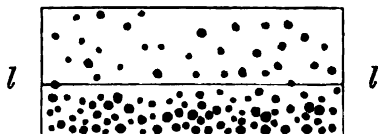


Fig. 9.

Dalla larghezza maggiore o minore della zona perforata, come pure dall'essere questa più o meno ben definita inferiormente, non mi pare si possano ricavare utili indicazioni per le nostre indagini, perciocchè siffatte particolarità sono subordinate principalmente alla profondità delle acque, alla natura del fondo e alla disposizione della costa.

Intermittenze. — Dalle traccie delle antiche oscillazioni del suolo apparisce, talvolta, anche la prova della loro intermittenza.

Suppongasi una costa alquanto elevata sul livello del mare; le onde, infrangendosi ai suoi piedi, la corroderanno, la scalzeranno, in guisa che, coll'andar dei tempi, retrocederà. Intanto, si accumuleranno alla sua base, come si avvertiva nel capitolo III della parte seconda, i detriti prodotti da questo sfacelo e si formerà una spiaggia lievemente inclinata. Se allora avrà luogo, per un tratto di tempo sufficientemente lungo, un movimento ascendente, la spiaggia rialzata formerà una sorta di gradino emerso, ciò che suol dirsi un *terrazzo;* continuando con uniformità il sollevamento, la costa s'innalzerà ancora progressivamente, assumendo, secondo le circostanze, maggior o minore inclinazione; ma se, però, come spesso accade, il fenomeno fosse interrôtto da periodi di riposo, il terrazzamento si ripeterà tante volte quante saranno le fasi del bradisismo ed avremo quindi una *costiera a gradinata,* come se ne trova un classico esempio sulle coste della *Morea* e come pure si vede in qualche punto della *Sicilia.*

Circa il rapporto fra i numeri dei gradini e le fasi del sollevamento, osserva opportunamente lo Stoppani:

« Ogni gradino della roccia dice almeno un periodo di sollevamento, interrotto da un periodo di riposo, o almeno di rallentamento del moto ascensionale. Non sarebbe però calcolo esatto il numerare i sollevamenti contando i gradini. Supponiamo per esempio, tre, quattro, cinque sollevamenti con un intervallo di riposo ciascuno; avremo tre, quattro, cinque gradini. Facciamo però che l'intervallo di riposo, dopo il quinto gradino, duri eccessivamente a lungo. L'onda marina, battendo in breccia l'infimo, cioè il quinto gradino, potrà col tempo demolirlo; allora passerà a scalzare la base del quarto, il quale potrà essere ugualmente demolito. Così potrà avvenire in seguito del 3.° e del 2.°, finchè non rimanga che il primo, tagliato verticalmente fino al livello del mare, cioè cresciuto in altezza colla

somma dei quattro gradini demoliti, e rappresentante da solo la durata di cinque periodi di sollevamento. Il supposto si è verificato indubbiamente più o meno in *Sicilia*. Noi troviamo, infatti, che i terrazzi littorali, già esposti a tutta la furia del mare, sono pochi e altissimi; se c'interniamo invece nelle valli, che erano baie o seni, meno esposti alla rabbia delle tempeste, i gradini si moltiplicano, e sono anche in proporzione poco elevati. Si osservano, per esempio, nell'interno pareti calcaree, alte fin 150 m. e tagliate a gradinata in guisa da simulare, colla più perfetta illusione, un anfiteatro romano. Un classico esempio ci è offerto dal così detto *Gozzo dei Martiri*, sotto *Melilli* in *Val di Noto*, il quale presenta, giudicandone dal disegno di Lyell, almeno sette gradini e altrettanti terrazzi a semicerchi concentrici. Questi anfiteatri rappresentano, con assai maggior probabilità, il vero numero dei sollevamenti e degli intervalli di riposo; mentre i terrazzi littorali rappresentano piuttosto ciascuno la somma di più sollevamenti e di più intervalli » (¹).

Se poi ad un bradisismo ascendente ne sottentrasse uno in senso opposto, con sufficiente continuità, il fatto avvertito dallo Stoppani si verificherebbe in maggiori proporzioni e più rapidamente. Sarà sempre difficile, se non impossibile, lo accertare siffatte retrocessioni di movimento, il distinguere, cioè, gli effetti loro da quelli dei semplici arresti. Solo in qualche caso, l'esame comparativo delle erosioni presentate dalle scarpe dei terrazzi, nei tratti diversamente orientati, potrà spargere qualche luce in proposito.

Imperfezione dei criteri suesposti. — Da ciò si vede come sieno insufficienti ed imperfetti i criteri, per rendersi conto delle particolarità relative alle oscillazioni lente del suolo, che

(¹) Stoppani, *Corso di geologia*, III, Milano 1873, p. 308.

non si produssero sotto gli occhi dell' uomo, e intorno alle quali mancano osservazioni lungamente continuate. Ciò spiega l' incertezza che regna circa la interpretazione dei bradisismi, cui gli odierni continenti debbono in gran parte la loro configurazione.

Ma, se l' indagine degli antichi movimenti del suolo, per la difficoltà inerente al soggetto, non vale a dissipare la oscurità che avvolge ancora talune questioni geologiche, tanto più è da raccomandarsi lo studio diligente e perseverante dei bradisismi attuali, da cui, col tempo, molti dubbi saranno chiariti. Pertanto, di buon grado mi unisco al collega G. Uzielli e al prof. M. S. De Rossi, per invocare dai sodalizi scientifici e dalle autorità amministrative in ogni paese civile, l' attuazione di osservazioni rigorose e sistematiche, da ripetersi a lunghi intervalli di tempo, nei punti più opportuni all' uopo, ed applaudisco al pensiero dello stesso Uzielli, di formulare quesiti intorno ai movimenti attuali e recenti, cui abbiano a rispondere competenti osservatori (¹).

(¹) Nella riunione dell'Associazione meteorologica italiana, tenuta in Torino nel settembre del 1880, il prof. Uzielli richiamò l' attenzione dei congregati sui movimenti littorali del suolo d' Italia e sulla convenienza di istituire osservazioni sistematiche ed esatte intorno a questi fenomeni. Per sua iniziativa, dalla R. Direzione centrale degli Scavi di Antichità, fu diramata, ai dipendenti della medesima e a molte altre persone, una circolare, colla quale, dopo alcune considerazioni generali in proposito, si porgevano acconcie domande in numero di 9, concernenti i mutamenti che per avventura si fossero osservati, nella distanza rispettiva di certi monumenti dal mare, o nell' altezza di essi sul suo livello.

Il De Rossi, ricordava, a proposito della circolare precitata, d' aver compreso le oscillazioni lente del suolo tra le fasi geologiche e meteorologiche da lui contemplate nella sua *Meteorologia endogena*. Egli osservava, inoltre, che nell' esame di tali fenomeni convien tener conto dei rallentamenti, degli arresti, delle retrocessioni dei singoli movimenti, dipendenti dalla diversa natura e dalla concomitanza dei movimenti stessi (*Bull. del Vulcanismo ital.*, VII, n.° 8-11, 1880).

PARTE TERZA

DEI BRADISISMI NELLE VARIE PARTI DEL MONDO

Nell'esporre la lunga serie dei fatti che si possono considerare come prove o come indizi di bradisismi, dividerò la mia disquisizione in 6 capitoli, corrispondenti alle 6 parti del mondo.

Per ciascun continente, procederò, nella disamina dei fenomeni di cui tengo discorso, da ponente a levante e da settentrione a mezzogiorno, tranne per quelle regioni, rispetto alle quali lo svolgimento più efficace del soggetto richiedesse un ordine diverso. Mi occuperò, in prima, delle coste, lungo le quali le traccie di bradisismi sono, com'è noto, più numerose ed evidenti, poi, per ogni paese, accennerò ai movimenti del suolo, verificatisi a distanza più o meno grande dal mare.

S'intende che le mie considerazioni si riferiranno soltanto ai bradisismi odierni ed ai quaternari o a quelli creduti tali.

I documenti relativi all'Europa, essendo assai più copiosi e sicuri di quelli concernenti le altre parti del mondo, occuperanno, com'è naturale, uno spazio maggiore. Per ragioni facili a comprendersi, faccio conto di consacrare all'Italia, comparativamente alle altre regioni d'Europa, uno studio più esteso e particolareggiato.

In questa parte del mio lavoro, molte notizie concernenti l'Italia, la Francia occidentale e meridionale, la

Tunisia, l'Egitto, le coste Abissinesi e l'Arabia, sono frutto di osservazioni personali; molte altre sono attinte da memorie o trattati scientifici e da relazioni di viaggi; altre ancora furono desunte da comunicazioni verbali e manoscritte, quasi tutte inedite, dei signori: prof. O. Beccari, prof. F. Bocchi, tenente di vascello G. Bove, prof. S. Brusina, G. B. Bulio, prof. G. Capellini, prof. G. Chierici, prof. A. Costa, capitano E. D'Albertis, dottore E. de Baumhauer, prof. F. Delpino, prof. F. De Memme, dottore C. De Stefani, marchese G. Doria, prof. G. Gentile, ing. F. Giordano, prof. Goiran, capitano di vascello N. Jouan, prof. D. Lovisato, E. Nicolis, tenente di vascello E. Pescetto, L. Quenault, tenente di vascello G. B. Rosellini, tenente di vascello Rossari, capitano di fregata C. Rossi, prof. G. Sapeto, ing. Sarlo, prof. G. Seguenza, comm. L. Siemoni, E. Tardy, E. van den Broeck, P. Vêronese, Virlet d'Aoust, ai quali porgo qui l'espressione della mia viva gratitudine pel benevolo concorso prestato alle mie ricerche.

I. EUROPA.

EUROPA ARTICA.

Nowaja Semlja. — Nel 1871, il capitano Mack scopriva, a 76° 15′ di lat. N. e 64° di long. orient. (Greenwich), le piccole isole *Golfstrom*. Or bene, esattamente nello stesso punto, gli Olandesi comandati da Willem Barent verificavano l'esistenza, il 27 luglio 1594, di un bassofondo di sabbia, con m. 33,9 di profondità, mentre, fra il banco e la costa più vicina, la profondità variava tra m. 94 e 112. Se le indicazioni pubblicate in proposito da Hahn, Grad ed altri sono esatte, si avrebbe qui esempio istruttivo di sol-

levamento, il quale, tenendo conto dell'altezza di quelle isole sul livello del mare (almeno un metro), si verificò in ragione di quasi 13 cent. all'anno.

Nel 1872, Höfer e Wilczek trovarono a mezzogiorno del *Matotschkin Scharr*, a qualche distanza dal mare, depositi di conchiglie marine che accennano alla recente emersione dell'isola principale della *Nuova Zembla* ([1]). Presso l'entrata orientale del *Matotschkin Scharr*, Nordenskjöld osservò, nel suo secondo viaggio ai fiumi siberiani, non meno di 7 terrazzi litorali ben definiti.

La terra di *Francesco Giuseppe*, recentemente scoperta dalla spedizione austriaca di Payer e Weyprecht, presenta anch'essa traccie di simili movimenti, nei terrazzi paralleli e nei resti organici marini emersi, osservati lungo le rive dell' *Austria Sundes*.

Spitzberg. — Nelle isole dello *Spitzberg*, il lento sollevamento si manifesta in varie maniere e fu più e più volte segnalato da osservatori competenti ([2]). Già Malmgreen aveva osservato in quelle isole, tra la riva del mare e le montagne, spiaggie assai estese, di più chilometri di larghezza, sulle quali si trovano copiosi avanzi marini e specialmente conchiglie ed ossa di cetacei, a notevole distanza dal mare, e perfino a 45 metri d'altezza sul suo livello ([3]). Il viaggiatore scozzese Lamont incontrò colà, in parecchi punti e specialmente nel *Stor Fjord* (più conosciuto sotto il nome di *Wijde Jans Water*), nella *Deevie Bai*, nello stretto di *Walter Thymen* e nelle così dette *Mille Isole*, legnami fluitati, provenienti verosimilmente dai fiumi siberiani, giacenti fino a 9 m. sul livello del mare. Egli vi trovò pure ossa di cetacei e resti d'altri animali marini, in gran copia, fino a

([1]) **Hahn**, *Opera citata*, p. 130.

([2]) **Hahn accenna ad osservazioni in proposito che risalgono al 1646.**

([3]) **Malmgreen, in Reclus**, *Opera citata*, p. 715.

m. 12,5 d' altitudine (¹); una grande accumulazione d' ossa di balena, da lui veduta a circa 3 m. sul livello dell'acqua, sembra essere stata depositata sulla riva dai pescatori di quei cetacei e poi sollevata col suolo che la sosteneva.

Lamont manifestò l'opinione che negli ultimi 500 anni il movimento ascendente dello *Spitzberg* si sia esercitato in ragione di almeno m. 1. 50 per secolo (²).

Posteriormente, nel 1870, T. v. Heuglin e Waldburg-Zeil osservarono del pari legni fluitati, nel *Walter Thymen Fjord* e lungo la costa orientale dalla *Stans Foreland* (³).

Hahn (⁴) accenna alle penisole connesse al *Capo Nord*, le quali figurano come isole nelle antiche carte olandesi.

Sopra la piccola *Isola Bassa* (*Niedrigen Insel*), nella baia di *Lady Franklin*, si trovano avanzi di navi, ossa ed altri residui sollevati, lontani dalla riva; una catena di rupi sorge fra quest' isola e il *Capo Hansteen* e tende a convertirla in penisola. Anche fra l' *Isola Bassa* e *Marble Point* si mostrano scogli consimili.

La grande penisola fra la baia di *Lady Franklin* e quella di *Murchison*, come pure l' altra maggiore fra le baie di *Murchison* e di *Wahlenberg*, sono indicate sulle carte olandesi come divise dalle isole principali, mediante stretti.

Secondo una osservazione attinta da viaggiatori svedesi, si trovarono al *Capo Lovén* (ad occidente dello stretto di *Hinlopen*), sopra un' antica spiaggia emersa, avanzi di utensili pescherecci che risalgono probabilmente alla prima spedizione di pesca degli Olandesi, cioè presso a poco al 1650. L' altezza alla quale giacevano questi resti essendo

(¹) *Quarterly Journal of Geological Society*, 1860, p. 428.
(²) *Seasons with Sea-horses*, p. 202.
(³) *Geographische Mittheilungen*, 1870, p. 445; 1871, p. 178.
(⁴) *Opera citata*, p. 127.

di m. 3 a 4. 50, se ne inferisce che il sollevamento raggiunse colà ben 2 m. per secolo (¹).

Il fenomeno di cui si tratta si produce probabilmente, con maggiore intensità nella parte orientale dell'arcipelago. Nel 1872, il capitano Johnsen osservò, infatti, nella terra del *Re Carlo*, i soliti legni fluitati ed avanzi di naufragi a 6 m. sopra il livello del mare.

Nordenskjöld osservò in vari punti dello *Spitzberg* (per esempio in fondo alla baia di *Lemme*, al *Capo Thordsen*, nella *Baia Advent*) depositi di conchiglie marine recenti che s'innalzano fino a 50 metri sul livello attuale dell'Oceano. Queste conchiglie spettano per la massima parte, come il *Pecten Islandicus*, il *Cardium Groenlandicum*, l'*Astarte borealis*, la *Tellina calcarea*, la *Mya truncata*, la *Saxicava rugosa*, alla fauna artica odierna; ma alcune come *Mytilus edulis*, *Cyprina Islandica*, *Littorina littorea*, *Fusus canaliculatus*, non si ritrovano viventi nel vicino mare o son divenute rarissime. Il mitilo è la specie più abbondante allo stato fossile e costituisce coi suoi gusci veri banchi, ma non s'incontra vivente che per eccezione (²). Tali depositi riposano bene spesso sopra roccie solcate o striate dall'azione glaciale. Dallo studio degli avanzi di vegetali che accompagnano in alcuni punti le conchiglie (a *Adamsbay*, per esempio), Heer inferisce che la formazione sia interglaciale e rappresenti, ad ogni modo, un clima più temperato di quello che ora regna nel paese.

Jean Mayen e Islanda. — Confrontando le antiche mappe dell'isola vulcanica di *Jean Mayen*, colle carte più recenti e colla sua attuale configurazione, appariscono le prove di cambiamenti notevoli. Due piccole lagune prossime alla costa, vedute nel 1817 da Scoresby, erano ridotte nel

(¹) Hahn, *Opera citata*, p. 129.

(²) *Revue de Géologie pour les années 1874 et 1875* — *Geological Magazine*, 1876.

1877, secondo H. Mohn, ad una sola. Presso la estremità settentrionale della laguna orientale, è segnata, nella carta di Scoresby, la piccola isola delle *Uova* [1]; Carlo Vogt, visitando nel 1861 questa località, osservava che un istmo assai stretto riuniva l'isolotto alla terraferma. Nei rilievi più recenti, l'istmo si vede più largo; di più, la distanza fra la torre del faro e la terra vicina sembra attualmente minore di quel che non apparisca nella carta di Scoresby. Finalmente, quantunque la laguna occidentale non abbia ora comunicazione coll'Oceano, si raccolsero nel 1877, nella parte più interna di essa, legnami fluitati dal mare.

Lo *Spitzberg* è connesso alla Scandinavia da un istmo sottomarimo, il quale, nel punto più profondo, rimane coperto da non più di 340 m. d'acqua [2]. Continuandosi il sollevamento della penisola scandinava nelle medesime proporzioni, basterebbero 34000 anni perchè quell'arcipelago fosse unito al continente.

Intorno all' *Islanda*, non ho da citare che un solo fatto ricordato da Hahn [3] ed è che v. Hoff osservò nel *Flate Fjord*,, durante il 1753, una punta di roccia alquanto alta sopra l'acqua che per lo passato non si era mai veduta.

SCANDINAVIA.

Ebbi già occasione di ricordare per incidenza le osservazioni di Andrea Celsius, che servirono di punto di partenza agli studi ulteriori intorno ai movimenti lenti

[1] Hahn avverte tuttavolta che, riguardo alla condizione insulare di questa terra, il testo di Scoresby è alquanto oscuro.

[2] Nordenskjöld, *Journ. of R. Geogr. Society*, London 1869.

[3] *Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten*, Leipzig 1879, p. 124.

della Scandinavia (1). Linneo che aveva assistito il Celsius nelle sue prime indagini, ne sostenne le opinioni colla sua dissertazione: « *De telluris habitabilis incremento* », e con essi convennero molti dei più valenti scienziati di quel tempo. Ma, sembrando ad alcuni teologi di *Stoccolma* che i fatti annunciati fossero in contraddizione coll'asserto dei libri sacri, accusarono Celsius d'empietà e poco mancò che le opinioni di lui fossero condannate come abominevole eresia. Egli potè così ripetere, con egual verità, il memorabile motto di Galileo « *eppur si muove!* ».

D'allora in poi, geografi, e naturalisti non cessarono di registrare osservazioni intorno ai movimenti lenti di quella regione, talchè omai se ne potrebbe riempir più d'un volume. In tanta copia di materia, la tirannia dello spazio e la mia ignoranza dell'idioma svedese, mi costringono a fare una scelta, nella quale mi studierò, colla scorta di Lyell, Hahn e Paoli, di esporre ordinatamente le notizie più precise e degne di fede.

Norvegia. — In Norvegia, presentandosi coste generalmente altipiane dai margini scoscesi e dirupati, il sollevamento odierno si manifesta in modo meno evidente che non nella Svezia, ove in pochi anni estesi tratti di spiaggia si prosciugano, le isole diventano penisole, i porti rimangono a secco.

Gli antichi movimenti del suolo della Norvegia si manifestano principalmente con avanzi di animali marini, simili a quelli viventi nel mare del Nord, depositati a notevole altezza sulla odierna riva e con antiche linee litorali più o meno distinte, bene spesso sotto forma di ter-

(1) Altra prova del progressivo ritirarsi del mare, adduceva Celsius in una iscrizione tracciata 500 anni addietro presso *Aspo*, sul lago *Melar* (communicante col *Baltico*) la quale faceva conoscere che il livello marino si era abbassato rispetto alle sue rive di ben 13 piedi (così il Paoli nella sua memoria « *Del sollevamento e dell'avallamento di alcuni terreni*, Pesaro 1838 »).

razzi. Gli avanzi fossili si trovano fino a 146 m. sul livello del mare. Quanto alle linee litorali, s'incontrano lungo tutta la costa norvegese; ma sono più nette a settentrione che a mezzogiorno.

La formazione a gradinata dimostra che il movimento non si è prodotto in modo continuo e uniforme, ma con alternanze, durante le quali si faceva lentissimo o pur cessava affatto. Bravais osservò ad *Altenfjord* nel *Finmark*, fra 70° e 71° di lat. N., un'antica linea litorale, segnata da un deposito sabbioso, a guisa di terrazzo e da traccie d'erosione che, per una lunghezza di 48 chilometri da sud a nord, s'innalzano da m. 25 a m. 66 sopra il livello attuale del mare, presentando una deviazione dall'orizzontale di 85 centimetri per chilometro. In alcuni tratti di litorale le linee sono in numero di 2, 3, 4 e fin 6 o 7.

Mohn presenta, nel quadro seguente, il sunto delle proprie osservazioni sul numero e sull'altitudine dei terrazzi nelle diverse parti della Norvegia ([1]).

Nome dei gruppi.	Numero dei terrazzi.	Altitudine.
Gruppo di *Varanger*	7	m. 91
» di *Alten*	5	» 58
» di *Tromsœ*	7	» 94
» di *Trondhjem*	spesso più di 7	» 176
» di *Bergen*	6	» 87

È da notarsi che le cifre relative alle altezze del primo, del terzo e del quinto gruppo sono assai prossime, mentre quella che si riferisce al secondo è meno elevata e la penultima, pertinente al quarto, è invece altissima.

Nella sua recente opera intitolata « *Die Geologie des*

([1]) Mohn, *Bidrag til Kundskaben om gamle Strandlinier i Norge in Nyt. Mag. f. Natv.*, Ser. II, Bd. II, 1876 (citaz. di Hahn).

südlichen mittleren Norwegen » ([1]), T. Kjerulf consacra uno studio assai diligente ai terrazzi, gradini e linee litorali della regione da lui illustrata. Egli porge un elenco di ben 134 località, nelle quali appariscono le altitudini di ciascun antico livello marino; indica inoltre, mediante segni convenzionali, sopra una carta geografica della Norvegia media e meridionale, la posizione delle accennate località, distinguendo i livelli che si accostano a 600 piedi da quelli che son prossimi ai 400 ([2]).

I più alti terrazzi si trovano a circa 600 piedi d'altezza nel *Christianiafjord* e nelle valli circostanti, nel *Trondhjemsfjord* e nelle valli a sud-ovest e nord-ovest del medesimo, poi nel territorio di *Sundal.* Un livello, compreso fra 480 e 460 piedi, si trova lungo la costa orientale del *Surendalfjord* fino a *Trones*, come pure nell'interno del *Nordfjord;* se ne incontrano traccie a *Vikedal* presso *Stavanger.* Lungo la linea *Fejos, Sogndal, Lyster*, si manifesta un orizzonte di 420 a 430 piedi. Presso a poco a 360, ve ne ha un altro che è tratto tratto visibile fra il *Capo Lindesnäs* e *Molde.* Quello immediatamente inferiore (a 330 piedi circa) è specialmente visibile presso *Lindesnäs,* nell'interno dell'*Hardangerfjord* e nei rami del *Sognefjord.* Altra linea di terrazzi, fra 300 e 320 piedi, si osserva nelle due parti della penisola di *Folgefon* e nelle sue dipendenze, nonchè più lunge in *Ardal* e nel territorio di *Egersund.* Finalmente, nei *Romsdalfjord, Storfjord* e loro rami, apparisce il settimo orizzonte (da 260 a 280 piedi); e l'ultimo, a 240 piedi, è visibile nel *Nordfjord,* nel *Fördefjord,* nonchè in parte del *Dalsfjord.*

A mezzogiorno di *Bergen*, i terrazzi divengono meno distinti; ma nella regione sud-est, presso il confine della Svezia, si fanno di nuovo più spiccati.

([1]) *Deutsche Ausgabe* von A. Gurlt, Bonn 1880.
([2]) Il piede norvegese equivale a m. 0, 31.

Dal confine svedese fino a *Cristiania*, non si trovano prove dirette di movimenti del suolo, avvenuti in tempi storici; ma ve ne sono di importanti da registrare, osservate nei dintorni di questa capitale. La penisola *Ladegaards,* ad occidente della città, secondo documenti storici, era un' isola. Per la sua configurazione, essa appartiene al tipo di quelle che Hahn denomina « *Hebungshalbinseln* » (penisole di sollevamento); tuttavia, Keilhau non crede impossibile che questa apparenza possa dipendere da un insabbiamento; ma egli si chiede perchè, in tal caso, un simile deposito di sabbia non si sarebbe formato anche altrove. Si mostrano, nell' isola *Krageroe,* pali ed anelli che servivano a legarvi le barche, i quali si trovano ora ad una certa distanza dal mare.

Sembra che nelle vicinanze di *Arendal* vi sia una piccola area di depressione, perciocchè, dalla posizione di un antico cumulo di pietre, artificiale, situato sopra l'isola *Jerkholm*, si argomenta che colà il mare sia cresciuto di 6 metri. Un' altra isola vicina sembra aver subito un avvallamento anche maggiore. Hahn reputa il fenomeno di cui si tratta puramente accidentale, ed esprime il dubbio che, poco lunge, presso *Vestre Moland,* si trovino segni di sollevamento. È poi da osservarsi che nei secoli trascorsi le navi risalivano più innanzi nei fiumi di questa parte della Norvegia. Certo segno di un mutamento di livello, avvenuto nei tempi storici, si è quello, già avvertito da Holm fin dal 1795, dell' isola *Spangereid* o *Spangeroe* (che forma l' estremità meridionale del capo *Lindesnäs*) ora convertita in penisola. Alla parte sud-est di essa, si trovano due antichi *docks*, situati secondo *Keilhau* (¹), a 300 passi dal mare e a m. 4, 7, perpendicolarmente, sopra il livello marino, i quali hanno subito, senza dubbio, uno spostamento dal basso all' alto.

(¹) *Nyt. Mag. for Natur.*, Ser. I, Bd. I, p. 168-173.

Si vuole che, fin dal 1763, Jessen si accorgesse di un mutamento dannoso alla navigazione, verificatosi nelle acque di *Egersund,* perchè certe roccie si erano accostate alla superficie [1]. Nelle vicinanze di *Stavanger*, tuttavia non vi ha alcuna apparenza che la costa attualmente si sollevi. Nell' *Hardangerfjord*, invece, si crede che il mare vada ritirandosi.

Al nord di *Bergen,* nell' isola *Askoe,* si estenderebbe, a quanto pare, il movimento ascendente già segnalato in altri punti. Colà si trovano su certi scogli, in riva al mare, rozze figure, le quali, secondo l' asserto degli storici, sarebbero state incise in memoria di una battaglia navale combattuta in quelle acque durante l'anno 874. Ora, l' altezza di questi segni sul livello medio del mare è di m. 4,7 a 5,6, e siccome si suppone, ragionevolmente, che fossero praticati ad altezza d'uomo (m. 1,6), se ne inferisce che, da un migliaio d' anni, avvenne colà un sollevamento di 3 m., cioè di m. 0,3 per secolo, dato che abbia avuto luogo in modo regolare.

Von Buch ravvisò indizi di sollevamento a *Nordmoer* e *Soendmoer* presso *Bergen*, e si vuole, localmente, dalla gente di mare, che colà il mare retroceda, ma Keilhau non potè rintracciare che segni assai incerti di questo fatto.

Presso *Trondhjem*, Hahn accerta aversi prova incontrastabile che il livello rispettivo delle terre e del mare non subì da parecchi secoli che mutamenti insignificanti e adduce in proposito valide osservazioni di Keilhau e di Everest, queste già riferite da Lyell [2]. Ma si recano osservazioni degne di fede che accennano ancora ad un movimento ascendente a circa 3° verso il N.; così, si afferma che, d' innanzi al promontorio *Kunna*, non lunge da *Stoe-*

[1] Hahn, *Opera cit.*, p. 140.
[2] *Principles of Geol.*, II, p. 194.

stsund (66°, 52′ N.), vi sia uno stretto, il quale fu già attraversato, anche a bassa marea, dalle grosse navi ed ora (1859) è divenuto impraticabile a motivo degli scogli. Vibe, sulla cui fede Hahn cita questo fatto, stima la misura del movimento di circa 1 m. in un secolo.

Fra *Trondhjem* e il *Capo Nord*, non si trovano ulteriori traccie di sollevamento attuale e, procedendo verso settentrione, le tradizioni relative al lento ritirarsi del mare si fanno più rare e indefinite (1).

Nel 1839, per iniziativa del governo locale, si ponevano segnali in 27 punti, situati principalmente fra il confine svedese e il capo *Lindesnäs*. Osservati per la prima volta nel 1865, questi segnali, manifestarono un sollevamento del suolo di m. 0,3 per secolo (2).

Svezia. — Dal complesso dei documenti che si possiedono intorno ai movimenti da cui è animata la costa svedese, sembra che il maggior sollevamento si verifichi in fondo al golfo di *Botnia*, alla foce della *Tornea*. A *Lulea*, il mare ha dovuto retrocedere dalla costa pel tratto di un miglio, in soli 28 anni; a *Pitea* il ritiro è stato di mezzo miglio in 45 (3).

Leopold von Buch osservò, nel 1807, fra *Seivits* e *Nikkala*, due piccoli seni di mare quasi asciutti, i quali, nel 1736, erano stati attraversati in battello dai membri della spedizione francese per la misura del grado. Presso

(1) Sul terrazzamento e il sollevamento della Scandinavia e specialmente della Norvegia, vedansi ancora le memorie seguenti:

K. Pettersen, *Ueber das langsame säculare Steigen und Sinchen der Continentalmassen*, *Tromsö Museums Aaarhefter*, 1878. — *Ueber die in festem Fels ausgegrabenen Strandlinien*, *Arch. for Math. og Naturvid.*, III, Christiania 1878.

R. Lehmann, *Ueber ehemalige Strandlinien in austehenden Fels in Norwegen*, Halle 1879.

(2) *Zeitschrift der Gesell. für Erdkunde*, XIII, 1878, p. 318 (citaz. di Hahn).

(3) Paoli, *Del sollevamento e dell' avvallamento di alcuni terreni*, Pesaro 1838, p. 90.

Innervik, egli vide un altro braccio di mare, prosciugato per modo che l'attraversava una strada postale, il quale pochi anni prima era stato navigabile; gli abitanti speravano di poter ben presto convertire quel fondo emerso in campi coltivati ([1]). D'altra parte, è noto che da tutte le piccole città marittime del *Norrland* il mare si va grado grado ritirando.

Per quanto concerne la costa svedese nei pressi di *Gefle* e, più innanzi, verso mezzogiorno, ricorreremo alle osservazioni di Lyell e degli svedesi Hallström e Bruncrona, le quali dimostrano l'accrescersi delle terre emerse a spese del mare. Negli ultimi 14 anni, scrive Lyell, la profondità di quelle acque è scemata di m. 0, 15 a 0, 18.

Alla estremità orientale dell'isola di *Löfgrund* (a 12 miglia a nord-est dal porto di *Gefle*), nel mezzo di una piccola baia ben riparata, si osserva, sopra uno scoglio di micascisto, una linea orizzontale, incisa nel 1731 al pelo dell'acqua, da Rudberg, linea che Lyell trovò, nel 1834, alta 2 piedi, 6 pollici e mezzo sopra il livello marino. Il capo piloto di *Gefle* asseriva però allo stesso Lyell che, stante le condizioni del mare in quel giorno, sarebbe stato oppor-

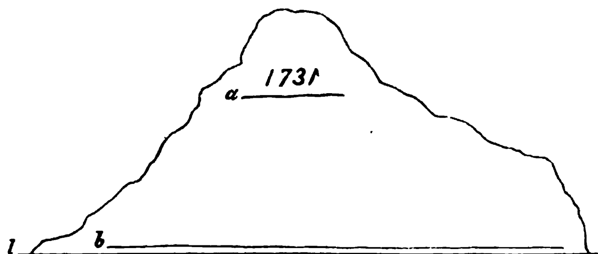


Fig. 10. — Scoglio nel porto di *Löfgrund* (Lyell).
a linea superiore. *b* linea inferiore. *l* livello del mare.

tuno aggiungere almeno 4 pollici alla cifra suindicata per esprimere la vera differenza fra le due altitudini ([2]). Sotto

([1]) *Viaggio in Norvegia e in Lapponia,* tomo VI, Torino 1830, p. 105.
([2]) Lyell, *On the proofs of a gradual rising* etc., *Phil. Trans.,* 1834.

la prima linea ve ne ha una seconda, che parve a Lyell appena superiore all'ordinario livello marino, la quale fu tracciata, a quanto si dice, nel 1820 (fig. 10).

Il porto di *Gefle* è divenuto poco a poco meno profondo, talchè si dovettero spostare magazzini e cantieri perchè non rimanessero troppo discosti dalla riva. In tutto il suo viaggio fra *Gefle* e *Oregrund,* Lyell vide prati interrotti da eminenze scogliose coperte di boschi, prati i quali, nei secoli trascorsi, furono indubbiamente fondi marini.

Al sud di *Gefle,* presso *Oregrund,* s'incontrano, come in Norvegia, scogli che diconsi emersi o sollevati in tempi storici, e la gente di mare stima che il sollevamento della costa raggiunga parecchi piedi in un secolo.

Nel 1820, il tenente Olof Flumen tracciava sopra uno scoglio di gneis a *Gräsö*, presso *Oregrund*, un segnale

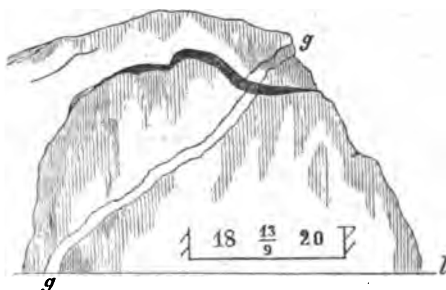


Fig. 11.
Segnale tracciato da Olof Flumen a *Gräsö*, presso *Oregrund* (Lyell).
g g vena granitica. *l* livello del mare.

formato da una linea orizzontale, che coincideva col livello marino in un giorno di calma, colla data $\frac{13}{9}$ (13 novembre) 1820 e alle estremità della linea due lettere runiche, iniziali di Olof Flumen. La fig. 11, qui appresso, mostra qual fosse l'aspetto dello scoglio e del segnale, quando furono visitati da Lyell nel 1834; la

linea orizzontale si trovava allora a 5 pollici e mezzo sopra il livello marino ([1]).

Ad onta di ciò, le osservazioni compiute di recente da Selkirk, mediante segni da molto tempo tracciati lungo le coste, presso *Löfsund* e *Edsjö* ed anche a *Gräsö* presso *Gefle*, non fornivano risultati conformi alle previsioni. In corrispondenza dei segni precitati, Selkirk trovò il livello dell'acqua un po' al di sotto delle linee osservate nel 1834 da Lyell; ma manifestò l'avviso che questa differenza fosse fortuita e dipendesse dal vento o da altre circostanze accidentali ([2]).

Presso *Upsala*, Lyell osservò, nel 1835, dei piccoli rilievi di ghiaie e sabbie stratificate, contenenti un letto di marne conchiglifere ricche di *Mytilus*, *Cardium* e specie d'acqua salmastra e d'acqua dolce, simili a quelle che vivono tuttora nel *Baltico*; l'analogia si riscontra anche nel fatto che tali fossili sono tutti di dimensioni piccolissime. Orbene, siffatto deposito è alto più di 30 metri sul livello attuale del golfo di *Botnia*. Di più, alla superficie di quelle piccole alture, si trovano parecchi enormi massi erratici, che sembrano stati depositati durante la formazione della marna conchiglifera ([3]).

A *Stoccolma* l'innalzamento del suolo si fa ascendere a non più di m. 0,015 per secolo, mentre in alcuni punti del golfo di *Botnia*, per esempio, presso le isole d'*Aland*, raggiunge una quota relativamente alta.

Lyell fece conoscere nelle *Philosophical Transactions* del 1835 un fatto interessante in ordine alla retrocessione dei bradisismi. Si tratta di sterri praticati nel 1819 a *Södertelje*, a mezzogiorno di *Stoccolma*, affine di scavare un canale, i quali misero alla luce i resti di una capanna di legno,

([1]) Lyell, *Memoria citata*, p. 17.
([2]) *Quarterly Journal of Geol. Society*, 1867, p. 191 (citaz. di Hahn).
([3]) Lyell, *L'ancienneté de l'homme*, trad. Chaper, Paris 1866, p. 249.

sotto una spessezza di 18 metri di sedimenti marini, con *Mytilus edulis* ed altre conchiglie d'acqua salmastra, simili a quelle ora viventi nel golfo di *Botnia*. Nello stesso punto, si trovarono barche costruite prima dell'uso dei metalli. Da ciò risulta che il terreno discese, in prima, di un bel tratto sotto il livello del mare, poi che, depositatisi gli strati conchigliferi, tutta la formazione fu sollevata in guisa da raggiungere, colla porzione superiore, 18 m. d'altezza, sul livello marino, essendo così riportata la capanna in una posizione poco diversa dalla originaria. Più tardi si tentò di provare, soggiunge Hahn (1) che la capanna non avesse subìto alcun spostamento e cita in proposito una memoria di Chambers (2).

Il castello di *Calmar* ci offre una valida testimonianza del sollevamento scandinavo presso il suo limite meridionale. Esso è munito di due torri rotonde, fondate in mare, nelle quali Lyell osservò (1834) un orlo sporgente a $^2/_3$ di metro sopra la base e a circa 1 $^1/_4$ sull'acqua. Sotto questo rilievo, le pietre sono irregolarmente scabre; al di sopra, invece, si presentano scalpellate e levigate. Lyell, confortato in ciò dal parere di un abile pratico, crede che l'acqua marina, giungendo in passato all'altezza della sporgenza, abbia corroso le pietre sottostanti, le quali sarebbero poscia emerse pel movimento ascendente del suolo (3). Siccome il castello era già edificato nel 1030, così si suppone che la misura del bradisismo possa ragguagliare m. 0,16 per secolo. Osservazioni lungamente continuate e di più antica data, dovute a Wikström e Frigelius, condurrebbero alla conclusione che il sollevamento di *Calmar* raggiunge o piuttosto raggiunse m. 0,60 per se-

(1) *Opera cit*, p. 147.
(2) *Edinb. new Phil. Mag.*, XLVIII, 1850, p. 351.
(3) *Quarterly Journ. of Geol. Soc.*, 1867, p. 3, fig. 1.

colo. Ma questa cifra non sembra compatibile colle attuali condizioni dell' edifizio sopra accennato (1).

Il seguente quadro comparativo, dovuto a Bruncrona (2), indica l' intensità del movimento subíto simultaneamente in vari punti, scelti in diverse provincie della Svezia, nel periodo compreso fra il 1780 e il 1820.

PROVINCIE	NUMERO DEI SEGNALI	MOVIMENTO VERIFICATOSI IN 40 ANNI	MOVIMENTO SECOLARE
Westerbotten	3	0, 47 m.	1, 17 m.
Gefleborg	4	0, 82 »	2, 05 »
Dintorni di *Stoccolma* . . .	5	0, 47 »	1, 17 »
Nyköping	3	0, 34 »	0, 85 »
Ostgothland	3	0, 25 »	0, 62 »
Calmar	2	0, 22 »	0, 55 »
Bohus	1	0, 31 »	0, 77 »

Si vede da questa tavola che il movimento più rapido si verificò nei dintorni di *Gefle* e che, tanto verso il nord quanto verso il sud, fu tutt'altro che regolare. Segue una altra tavola, riferita da Paoli (3), relativa al solo litorale del golfo di *Botnia* fra *Raholm* e *Löfgrund*, la quale comprende i risultati delle ricerche di *Hallström* e fu pubblicata primamente in appendice alla memoria di Bruncrona. Essa reca, come media del sollevamento secolare, m. 1, 34.

(1) *Kgl. Sv. Vet. Ak.* 1823, p. 34 (citazione di Hahn).
(2) *Vet. Ak. Handl.*, 1823, p. 23 e *Poggend. Ann.*, II, p. 311 (citazione di Hahn).
(3) *Opera citata*, p. 88.

LOCALITÀ	ALTEZZA MEDIA DELL' ACQUA NOTATA NEL	NUOVAMENTE OSSERVATA NEL	DEPRESSIONE DELL'ACQUA SOTTO IL SEGNO ORIGINALE IN PIEDI	ANNI	ABBASSAMENTO DELL'ACQUA IN 100 ANNI IN PIEDI
Raholmen nella parrocchia di *Lover Kalix*	1700	1750	2, 05	50	4, 10
		1775	2, 49	75	3, 32
Stor Rebben, nella parrocchia di *Pitea.*	1751	1785	1, 70	34	5, 00
		1796	1, 90	45	4, 22
Ratan, nella parrocchia di *Bygdea.*	1749	1785	2, 70	36	4, 72
		1795	2, 50	46	5, 43
		1819	2, 60	70	3, 47
	1774	1785	0, 55	11	5, 00
		1795	1, 16	21	5, 52
		1819	1, 60	45	3, 57
	1795	1819	0, 65	24	2, 71
Rönnskar, sulla costa di *Wasa.*	1755	1797	1, 70	42	4, 05
		1821	2, 87	65	4, 35
Wargön, sulla costa di *Wasa.*	1755	1785	1, 45	30	3, 83
		1797	1, 69	42	4, 02
		1821	2, 87	65	4, 35
Löfgrundet, al di là di *Gefle.*	1731	1785	2, 90	54	5, 37
		1796	2, 17	65	3, 34
Ulfon, nell' *Angermanland.*	1795	1822	1, 58	27	5, 85

Le investigazioni posteriori di Lyell e Selkirk conducono a cifre notevolmente minori, come risulta dalla tavola qui appresso desunta da Lyell:

LOCALITÀ	PERIODO DA CUI È DESUNTA L'OSSERVAZIONE	MISURA ASSOLUTA DEL MOVIMENTO	MISURA DEL MOVIMENTO SECOLARE
Edsjö	14 anni	0, 16 — 0, 22 m.	0, 57 m.
Sundvall	14 »	0, 08 m.	1, 36 »
Gefle	103 »	0, 88 »	0, 85 »
Oeregrund	14 »	0, 16 »	1, 14 »
Dint. di *Stoccolma*	100 »	0, 24 »	0, 24 »
Calmar	100 »	0, 16 »	0, 16 »
Marstrand	64 »	0, 24 »	0, 37 »

Presso *Sölvesborg*, a sud-ovest di *Karlskrona*, si pone d'ordinario il confine meridionale dell'area di sollevamento. Poco innanzi, si manifestano i segni di un movimento inverso che fu, dopo Linneo, avvertito da Nilsson. Fra le altre prove del fenomeno, osservò Nilsson presso *Falsterbo*, torbiere contenenti conchiglie e piante d'acqua dolce, sommerse dal mare, all'alta marea. Che il movimento abbia continuato ad esercitarsi anche in tempi a noi prossimi, si argomenta dalle osservazioni seguenti.

Nella città di *Trelleborg*, il mare è giunto all'altezza di certe strade e sotto all'odierno pavimento si trovano, in vari punti, piani stradali più antichi ad un livello inferiore di un metro. Le medesime particolarità si verificano anche ad *Ystad* e *Malmö*.

Pochi anni or sono, nell'eseguire lavori di riparazione al porto di *Ystad* (*Scania*), fu scoperta una torbiera sottomarina di cui accennano antichi manoscritti, la quale conteneva numerosi tronchi d'albero e conchiglie d'acqua dolce e terrestri. Sopra di essa giaceva un deposito di sabbie marine che ricettava resti dell'industria umana non più antichi di 5 secoli. La torba riposava alla sua volta, secondo i luoghi, sopra letti di arena, limo, argilla, ghiaie, materiali appartenenti senza dubbio ad una morena. Nell'arena si raccolsero utensili litici e un manico di coltello, d'osso, squisitamente lavorato, che fu fabbricato verosimilmente tra il 9º e l'11º secolo. Secondo Bruzelius, tutto ciò significa che il fondo del porto d'*Ystad* fu già emerso e coperto da una morena, sulla quale, in seguito, crebbe una foresta visitata dall'uomo; di poi, la foresta si convertì in torbiera e, poco a poco, questa discese sotto il livello del mare (tra il 900 e il 1100). Siccome la potenza dell'arena marina superiore è di 10 piedi, ne risulta che l'avvallamento fu appunto di tanto in 1000 anni (1).

(1) *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme*, 1869, p. 504.

A *Landskrona* ed *Helsingborg* sottentra il sollevamento alla depressione; infatti, i due porti ora citati vanno rapidamente insabbiandosi; la profondità del primo, che era di 6 braccia nel 1771, era ridotta appena a 5 nel 1817. Humboldt accenna al sollevamento dell'isola *Saltholm*; ma questo fenomeno si palesa più chiaramente nei dintorni di *Göteborg* e, verso il nord, fino al confine norvegese. Lo scalo più interno pel caricamento delle navi, a monte di *Göteborg*, era nel XVI secolo, *Lödese*, a 32 km. dal mare; più tardi questa località era abbandonata per *Neu-Lödese*, situata a valle. Oggi *Neu-Lödese* è detta *Gamle Staden* (antico scalo) e perde ogni giorno della sua importanza.

Ulteriori segni di movimenti ascendenti furono segnalati, da Lyell, presso *Marstrand, Gulholm* e *Uddevalla*, a settentrione di *Göteborg*. Una linea di livello, tracciata nel 1770, nell' isola *Koon*, presso *Marstrand*, si mostrava, nel

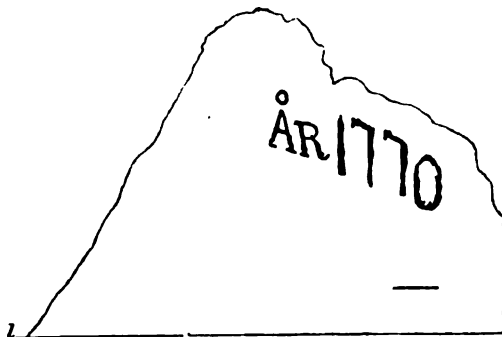


Fig. 12. — Segnale tracciato nell' isola *Koon* (Lyell).
l livello del mare.

1834 a m. 0,7 al disopra della bassa marea (fig. 12). Nel 1866, Selkirk ritrovò lo stesso segno; ma soverchiava il pelo dell' acqua di soli 20 centim., il che forse devesi attribuire alle condizioni meteorologiche dominanti allorchè furono fatte le osservazioni. Al di sotto di questa egli osservava, sott' acqua, un' altra linea, colla data del 1847.

Nell' isola *Gulholm*, presso *Marstrand*, Lyell aveva tracciato, nel 1834, una linea di livello, dalla quale Selkirk credette di poter desumere, nel 1866, un sollevamento di m. 0, 1. Poco lunge, Lyell incontrò conchiglie recenti a m. 4, 7 sopra la linea d' acqua e udì narrare del ritrovamento di un' antica ancora che giaceva sepolta in un terreno indubbiamente depositato dal mare. Finalmente, le prove di recente parziale emersione furono da lui ritrovate anche nell' interno dell' isola *Oroust* (1).

REGIONE RUSSO-GERMANICA.

Finlandia. — Il movimento ascendente di cui è animata la Svezia settentrionale, si estende attraverso il golfo di *Botnia* anche alla *Finlandia*, ove fu segnalato fin dal secolo scorso da Celsius. Egli osservò che il mare si allontanava progressivamente da uno scoglio situato presso *Malar*, a mezzogiorno di *Wasa*, da un altro presso *Mustasari*, nella parroechia di *Nerpis*, nonchè dalle cosidette rupi dei *Cani Marini*, presso *Åbo*. Da un segnale esistente nella prima località, si argomentò che in 20 anni il sollevamento fosse stato di m. 0, 14 e dopo altri 20 di m. 0,40; ma quest' ultima cifra sembra ad Hahn troppo elevata ed è probabilmente erronea. Hallsten (2) adotta, come valore del movimento secolare, m. 1, 26 al nord e 0, 68 al sud. D' altra parte, dinanzi a *Wasa*, la terra emersa si protende rapidamente a scapito del mare, e si scoprono talvolta a gran distanza dalla riva avanzi di antiche navi sepolti nel terreno; nei pressi di *Laihela* (a sud-est di *Wasa*), ne fu incontrata una a chilom. 3, 2 di distanza dal mare. La base del castello di *Abo*, che già si trovava a

(1) *Quarterly Journal of Geol. Soc.*, 1876, p. 193 (citaz. di Hahn).
(2) *Zeitschrift der Gesellsch. f. Erdkunde*, Bd. VI, p. 98 (citaz. di Hahn).

livello di mare, si era innalzata, nel primo terzo del corrente secolo, fino a m. 3, 14 su questo livello. I rilievi idrografici eseguiti nel 1860 fecero conoscere, in quelle acque, 82 nuovi banchi e secche non segnati sulle antiche mappe.

I laghi della *Finlandia,* nonchè quelli della *Gran Russia* e della *Livonia*, accusano tutti l'azione di un lento sollevamento, per effetto del quale vanno scemando le loro acque. Nell' isola *Konevez*, presso la sponda orientale del *Ladoga*, l'acqua si sarebbe ritirata di 240 passi in 5 anni (Kutorga). Il *Ladoga* e l'*Onega*, d'altronde, altro non sono, secondo ogni verosimiglianza, che i residui di un braccio di mare, il quale congiungeva altra volta il *Baltico* al *Mar Bianco* e scomparve per effetto del bradisismo che tuttora si fa sentire in quella regione. Ad onta di ciò, Browallius vide che sulla costa finnica, allignano grossi pini dell'età di 3 a 4 secoli, lambiti dal mare, la cui esistenza in quel punto è incompatibile col supposto sollevamento. Un fatto analogo fu riscontrato da Selkirk, presso *Gefle* ([1]), e non si può spiegare se non si ammettono locali periodi di sosta o di retrocessione nel fenomeno di cui si tratta.

Estonia e Livonia. — Procedendo lungo il litorale russo, a mezzogiorno del golfo di *Finlandia,* i segni di bradisismo si fanno più rari ed oscuri. Nella *Livonia*, nell'*Estonia* e nell' isola *Oesel* si trovano, secondo Schmidt, antiche rive emerse e banchi di conchiglie marine che risalgono a tempi preistorici; quanto alla attualità, è da notarsi che la piccola isola *Harrilaid* nel *Mogö-Sund*, fra le isole *Worms* e *Dagö*, ha subíto, in un periodo di 24 anni, un ragguardevole accrescimento e non è più, come prima, soggetta alla invasione dei flutti; di più, nuove secche e scogli apparvero nelle vicinanze. Crebbe anche vi-

([1]) **Hahn**, *Opera cit.*, p. 157.

sibilmente l'isola di *Hestholm,* presso *Hapsal,* lungo la costa orientale dell'*Estonia.* Si vuole parimente che le penisole *Sworbe* (in *Oesel*) e *Dagerort* (in *Dagö*) sieno state altra volta circondate dal mare.

Prussia orientale. — Lungo il lido orientale della Prussia e della *Pomerania* prevale l'avvallamento. Non solo in conseguenza delle tempeste e delle maree, la cui azione distruttiva è favorita dalle condizioni idrografiche della costa, ma in virtù dell'avvallamento secolare, l'oceano progredisce a spese della terra emersa.

Sotto le acque del golfo di *Königsbserg,* fra *Pillau, Brandeburg* e *Balga,* giace, secondo le indagini di Voigt, ricordate da Paoli, l'antica *Witlandia*, esteso territorio che andò sommerso 6 o 7 secoli addietro. *Bornholm* è circondata di foreste sottomarine; una di queste, dice Forshhammer, è coperta di 8 metri d'acqua all'alta marea. Altre foreste sommerse trovansi lungo le coste della *Pomerania* e della Prussia orientale. Le isole *Wollin* e *Usedom*, sono lentamente logorate dai marosi. La barra del porto di *Swinemünde* non è più connessa, come alcuni secoli addietro, all'isola *Usedom* ([1]); la punta di *Samland* è siffattamente battuta in breccia dalle acque che la chiesa di *S. Adalberto*, fabbricata alla fine del XV secolo, a 7 chilometri dalla riva, ora ne dista di un centinaio di passi. Si afferma che durante, i tempi storici, l'isola di *Rügen* si divise in varie isole.

Schleswig. — Lo *Schleswig* e l'*Annover*, colle loro torbiere sottomarine, colle loro foreste sommerse, devono essere comprese nella medesima area di depressione. Sulle rive occidentali dello *Schleswig*, l'avvallamento, nel periodo odierno, fu in media di 4 metri. Fra *Romoe* e la terraferma, si trovano alberi a m. 3, 1 sotto il livello marino medio; presso

([1]) Etzel, *Die Ostsee* (Reclus).

Friedrichstadt, s'incontrano fino a m. 10, 4 ([1]). Colà, nell'antico porto di *Husum*, si trovò, in mezzo ad uno bosco di betule invaso dal mare, una tomba che risale all'età della pietra. Sulle rive della *Schlei*, vedesi un antico castello in parte sommerso e, ad un mezzo chilometro dalla riva, i flutti marini coprono i resti di un bosco, il quale, secondo la cronaca medioevale, era popolato di cervi.

Nello stretto di *Fehmarn*, presso *Travemünde*, si hanno pure prove dirette del movimento, raccolte, come le precedenti, da von Maack.

John Paton ammette che dal 1240 ai giorni nostri, la Danimarca e lo *Schleswig-Holstein* avrebbero perduto in complesso un territorio di 3175 chilometri quadrati; $^{1}/_{18}$, cioè, della superficie loro totale; così Reclus ([2]).

Jütland e isole danesi. — Forschhammer ritiene che un notevole sollevamento si eserciti a settentrione di una linea condotta dal *Nissum-Fjord*, nel *Jütland*, alla città di *Nyborg* in *Fionia*. Questo sarebbe accusato da depositi di ghiaie e di fuchi che si trovano, entro terra, ad una certa altezza sul livello marino, dal progressivo interrarsi dei porti e dallo estendersi dei capi. Nella parte settentrionale della penisola, si osservano le traccie di un antico soggiorno del mare in due torbiere; la più piccola, situata a mezzogiorno della bocca orientale del *Liim-Fjord*, la maggiore a settentrione di *Aalborg*. Nelle vicinanze delle torbiere, v'erano, ai tempi di Forshhammer, sorgenti salmastre, le quali scomparvero poi, una dopo l'altra, segno che la loro salsedine non proveniva da depositi di salgemma, ma dall'essere miste d'acqua marina. Parecchi punti del *Liim-Fjord* si dicono ancora isole, mentre sono congiunti alla terraferma. Peschel cita il nome di

([1]) Hahn, *Opera cit.*, p. 169.
([2]) *Opera citata*, p. 733.

Kolind-sund, nel *Jütland* orientale, un poco ad est di *Renders,* come indizio che ivi esistesse un braccio di mare ora emerso ([1]). Nelle vicinanze, egli segnala alcuni villaggi, il cui nome, al pari di *Aalsoe*, si termina in *oe*, accennando ad una antica condizione marittima ([2]).

L' innalzamento del suolo si verifica a quanto pare anche nell'isola di *Seeland,* presso *Kallundborg*, e nell' *Arre-see* (al nord di quest' isola), ove il mare visibilmente si ritira.

Secondo Forshhammer, il sollevamento dello *Jütland* raggiungerebbe in alcuni punti m. 0, 30 per secolo. A *Christiania* il bradisismo, se pur fosse ancora attivo, si eserciterebbe con intensità minore ([3]).

A mezzogiorno della linea già citata, si fa sentire, a quanto pare, il regime della depressione, che regna, come si è veduto, nello *Schelswig* e nella *Pomerania,* e si estende a ponente lungo i lidi della *Frisia,* dei Paesi Bassi e del Belgio.

Hannover, Oldenburg. — Alle foci dell' *Elba*, nel golfo di *Jahde,* appariscono le traccie del progressivo avanzarsi del mare. Vuolsi però avvertire che un punto presso la foce dell' *Elba*, l' isola *Grasbrook*, fa eccezione alla regola, avendo subíto, durante i tempi storici, secondo Zimmermann, un innalzamento locale di ben 4 metri ([4]). D' altra parte, in quello stesso territorio, che sembra soggetto ad irregolari oscillazioni, si osserva, presso *Blankenese,* a valle d' *Amburgo,* un banco d' ostriche fossili, all' altezza di 80 metri sopra le acque dell' *Elba,* il quale banco accenna ad un sollevamento di data assai più antica, verosimilmente quaternario ([5]).

([1]) *Neue Probleme* etc., p. 169.
([2]) *Globus illustrirte,* Bd. XXXIV, 1878, p. 256.
([3]) Reclus, *Opera citata.*
([4]) *Neue Jahrbuch der Mineralogie,* 1852, p. 194.
([5]) Moebius, *Die Auster und die Austernwirthschaft,* Berlin 1877.

L'isola *Helgoland*, che oggi non misura più di 2 chilom. di lunghezza e circa 600 m. di larghezza, ed è coperta di grame pasture, con scarse piantagioni di patate, ebbe in passato estensione ben maggiore e fu ricca di campi ubertosi e di armenti. Ciò risulta dalle memorie storiche raccolte da v. Hoff, Prestel ed altri. Hahn stima che il suo perimetro corripondesse, due o tre migliaia d'anni addietro, alla linea che segna il limite di 10 braccia di fondo, qual'è segnata nella carta generale delle Isole Britanniche dell'atlante di Stieler. L'azione demolitrice del mare, efficacemente coadiuvata dall'avvallamento, ha grado grado asportato la parte maggiore di quella terra e spianate le antiche ripe che si sollevavano a ben 60 m. sul mare.

Attualmente, il bradisismo deve esercitarsi con maggiore energia nella *Frisia* orientale e nella confinante Olanda, mentre, fra l'*Elba* e il *Weser*, i segni di depressione attuale sono assai meno evidenti.

Nella *Frisia* orientale, il movimento deve essere al presente ragguardevole, poichè va sempre crescendo il numero dei campi che non possono mantenersi asciutti se non col mezzo di dighe e di pompe. Secondo un antica misura di Reinhold, il *polder* di *Dollart* si abbasserebbe di m. 0,87 per secolo; giusta una determinazione di Barghoorn, eseguita presso la chiusa di *Nesserland*, la depressione raggiungerebbe m. 1, 41 per secolo, valore indubbiamente più alto del vero.

PAESI BASSI E BELGIO.

Per quanto concerne l'Olanda, le notizie che seguono sono per la massima parte desunte da un opuscolo di E. de Laveleye, dalle opere di Reclus e di Hahn e principalmente da una comunicazione manoscritta che mi fu cortesemente somministrata dal dottore de Baumhauer.

segretario della Società olandese delle Scienze. Il chiaro scienziato scrive nei seguenti termini:

« La question de savoir si le sol des Pays-Bas subit, oui ou non, un abaissement lent est déjà de date ancienne, comme le prouvent les communications dont elle a été l'objet de la part de l'Epie (1734) Cruquius (1738) et Lulofs (1754). Plus récemment la dépression graduelle a été admise surtout par Belpaire, Elie de Beaumont, Lyell et Acher Stratingh, qui y trouvent l'explication la plus naturelle de plusieurs faits dont il serait difficile de se rendre compte autrement.

» En 1853, M. Harting appela sur cette question l'attention spéciale de l'Académie des Sciences d'Amsterdam (*Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen,* t. I, 1853, p. 16).

» En ce qui concerne les temps préhistoriques, on ne saurait raisonnablement douter, suivant M. Harting, que le sol néérlandais ne se soit affaissé à cette époque. A l'appui de son opinion, il cite l'existence de couches de tourbe près du rivage de la mer du Nord et presque sous son lit ([1]), la grande épaisseur que ces couches présentent en beaucoup de points, et les nombreux troncs d'arbres qu'on y rencontre, souvent à 5 ou 6 mètres au-dessous du niveau actuel de la mer. — La couche de diatomées qu'on trouve sous la ville d'*Amsterdam*, à une profondeur de 40 m. au-dessous de A. P. (ces initiales désignent le zéro de l'échelle d'*Amsterdam*, correspondant à peu près au niveau moyen de l'eau dans le golfe de l'*Y*), indique aussi, avec beaucoup de probabilité, qu'un pareil affaissement a eu lieu. Mais la preuve la plus concluante est fournie par l'étude du sol sur lequel repose la ville de *Gorinchem*,

([1]) In varie località, per esempio a *Wenduyne*, si vuole che la torba ricettasse avanzi dell'epoca romana.

étude qui a fait reconnaître à M. Harting l'existence, immédiatement sous les alluvions modernes, d'une formation d'eau douce, caractérisée pas des restes d'animaux bien conservés, et s'étendant jusqu'à la profondeur de 121 mètres au-dessous de la surface du sol, ou de 117$^{m\cdot}$, 5 au-dessous de A. P. ».

Il dottore de Baumhauer ricorda poi alcuni fatti citati da Harting per dimostrare che i Paesi Bassi subirono una depressione anche in tempi più recenti. Questi fatti saranno riferiti da me, più innanzi, insieme ad altri analoghi, nell' ordine che meglio si attaglia alla mia esposizione.

Zuiderzee. — L' ampio golfo denominato *Zuiderzee* deve la sua esistenza ad una recente invasione del mare. Ai tempi di Tacito era una vasta pianura che comprendeva alcuni laghi, il maggiore dei quali noto, secondo Pompario Mela, sotto il nome di *Flevo.* L' *Yssel* attraversava, allora, queste acque interne e raggiungeva di poi il mare del Nord fra le isole *Vlieland* e *Schelling*, la prima unita in quel tempo al *Texel* e la seconda al continente. Secondo testimoni oculari, nel 1205, l' isola *Wieringen,* a mezzogiorno del *Texel,* non era ancora divisa dalla terraferma. Negli anni 1219, 1246, 1249, 1251, avvennero grandi mareggiate, le quali ebbero per effetto di estendere il golfo che trovavasi a nord-ovest del lago *Flevo*; l'isola *Wieringen* fu di poi distaccata dal continente e finalmente avvenne la rottura dell' istmo che collegava la *Frisia* alla contea di *Staveren* (istmo attraversato dal canale di scarico delle acque dei fiumi *Reno* e *Yssel*); ciò per effetto delle grandi maree avvenute nel 1282 (1).

Or sono 15 secoli, esisteva all' innanzi del *Zuiderzee*

(1) Von Hoff, *Veränderungen der Erdoberfläche*, I, p. 359 (citato da Meunier).

una catena di 23 isole, residuo senza dubbio di una terra più estesa collegata al continente. A poco per volta, alcune di esse diminuirono per poi scomparire; talchè dalla ispezione delle carte idrografiche di varie epoche si possono riutracciare le loro vicende; l' isola *Bokum*, a cagion d' esempio, andò sommersa tra il 1738 e 1825. Al presente, delle 23 isole non rimangono che 16, e parecchie son ridotte a banchi di sabbia.

Nel 1840, *Wangerooge*, residuo dell' antica terra di *Wangerland*, era ancora ben popolata; ora è una spiaggia melmosa quasi abbandonata. *Nordstrand* è scemata, dicesi, di $^{11}/_{12}$ dal XVII secolo e, ov' era il centro dell' isola, lo scandaglio accusa al presente 15 metri.

Esempi notevoli di depressione in altre parti dell' Olanda. — Ognun sa che in alcune parti dell' Olanda il suolo dei *polders* si è talmente avvallato che, se non fosse difeso dalle dighe, rimarrebbe sommerso, ciò anche a bassa marea. Se i raprapporti tra il suolo emerso e le acque fossero stati sempre ciò che sono al presente, la costruzione delle dighe sarebbe stata impossibile. Bisogna dunque concluderne che vi fu un tempo in cui i livelli rispettivi della terra e del mare erano assai diversi. La diga di *West-Capelle* preserva dalla sommersione tutta la *Zelanda*, e, nelle condizioni attuali, la sua costruzione presenterebbe insuperabili difficoltà. Sappiamo, dai commentari di Cesare, che quel paese era coperto ai suoi tempi di folte selve e paludi e popolato di barbari, domiciliati in povere capanne, i quali opposero accanita resistenza all' invasione romana; certamente in allora le dighe non esistevano e il suolo era più alto che non al presente.

A *Domburg*, in *Zelanda*, esisteva nel mezzo del III secolo, secondo le cronache, un tempio consacrato alla dea Nehalennia, il quale, non si sa come, fu inghiottito dal mare. Nel 1646, col concorso di persistenti venti da est e

nord-est, il mare essendosi temporaneamente ritirato, lasciò vedere i resti di quel santuario, tra i quali si raccolsero preziosi cimeli, cioè: pietre scolpite, iscrizioni, vasi e medaglie. Una di queste pietre porta l'immagine di Giove Olimpio, un' altra quella di Nettuno. Nehalennia è rappresentata in parecchie, sotto le spoglie di una femmina seduta che tiene sulle ginocchia un cesto di frutti, ed ha a sinistra un cane, a destra un corno d'abbondanza. Le medaglie portano le effigie di Germanico, Trajano, Settimo Severo, Antonino, Massimo, Postumo, Tetrico, e le date loro son comprese fra il 70 e il 270 dell' era volgare (1).

Le rovine del castello di *Britten* (*Ars Britannica*), presso *Caswik*, erano ancora visibili alcuni secoli addietro ad un chilometro da terra; poi, poco a poco, scomparvero e, solo a lunghi intervalli di tempo, ne emergono le parti più prominenti, durante le maree straordinariamente basse.

Si parla pure degli avanzi di una torre eretta da Caligola per celebrare una vittoria sui Brettoni, che si vedrebbe a 2 o 3 chilometri al largo, sotto 10 braccia d'acqua.

Nel 1708, si stabilirono mulini a vento nel *polder* di *Wierusgerwaard*, affine di prosciugarlo, ma nel 1721 il suolo si era talmente avvallato che si dovette sovrapporre all' antico un nuovo giuoco di pompe, per proseguir l'opera.

Lungo l'*Escaut*, ove si sono successivamente moltiplicate le dighe, si osserva che il livello dei *polders* è tanto più basso quanto le dighe stesse sono più antiche; vi ha quindi una pendenza dalle rive del fiume verso l'interno del paese.

La posizione attuale della chiesa di *Scheveningen*, come pure le rovine di un' antica chiesa presso *Calantsoog* e

(1) A. de Laveleye, *Opera cit.*, p. 9.

quelle della città di *West-Capelle*, omai coperte dalle acque marine, accennano pure, secondo Harting, citato dal dott. de Baumhauer, al medesimo ordine di fenomeni. Si può ancora addurre in proposito, scrive questo ultimo, il mutamento del livello del mare rispetto alla scala idrometrica di *Amsterdam*, già verificato da Cruquius, poi confermato da Alewijn.

Il movimento sembra però più energico alla foce dei tre fiumi *Escaut*, *Mosa* e *Reno*, che verso il *Passo di Calais*. Mentre, ad *Amsterdam* e a *Rotterdam*, le vie sono stabilite al di sotto dell'alta marea, ad *Ostenda* superano questo livello di 1 piede, a *Dunkerque* e *Gravelines* di 3 piedi e a *Calais* s'innalzano in media fino a 5 piedi. Queste osservazioni sono avvalorate dai dati che si possiedono intorno al livello medio dei terreni coltivati, i quali si trovano in Olanda, alla foce della *Mosa*, tra 1 m. e 2 sotto le più basse acque, a 3 m. 50 sotto le più alte acque (quindi appena superiori alla bassa marea) negli antichi *polders* dell' *Escaut*, a 3 m. sempre sotto le più alte maree, a *Furnes*, a 1 m. 50, lungo l'*Aa*, a 1 m. a *Dunkerque*; mentre presso *Calais* i due orizzonti sono alla pari.

Misure del movimento. — Dalle osservazioni seguenti, si è potuto dedurre qualche misura dell'avvallamento nei Paesi Bassi:

Nel 1452, si costruirono ad *Enkhuizen* i primi mulini a vento, pel prosciugamento dei *polders*, perchè l'evacuazione delle acque a marea bassa, come erasi praticato fino a quel punto, risultava omai insufficiente. Nel 1616, si verificò che la disposizione degli apparecchi dovea esser mutata, le acque della bassa marea avendo acquistato un livello più alto di 5 piedi $^1/_4$ di *Amsterdam*, pari a m. 1, 25; l'avvallamento era quindi proceduto in ragione di quasi un metro per secolo. Nel 1732, si riconobbe che il movimento continuava, ma con minor rapidità; infatti, la nuova dif-

ferenza di livello era soltanto di 1 piede e 1 pollice, cioè di m. 0, 31, corrispondente a 25 centimetri per secolo.

L'isola dei *Batavi* (*Walcheren*), al pari delle terre circostanti, non era difesa da dighe durante il dominio romano; Tacito scrisse che si ergeva fra bassifondi. Orbene, perchè fosse abitabile, la sua superficie doveva innalzarsi alquanto sopra le più alte acque delle sigizie; vediamo intanto che il suolo d'allora, rappresentato dal livello superiore delle torbiere, è sottoposto a quello delle più basse maree; per conseguenza, la differenza fra l'epoca di cui si tratta e l'attualità non è minore di 8 a 10 metri e dividendo questa quantità per 2000 anni, ne risulta una quota di 40 a 50 centimetri per secolo che si accorda col computo già citato [1].

Il fatto del tempio di Nehalennia, invaso dal mare verso il 270 e ritrovato nel 1646 sotto il livello delle più basse maree, implica pure un avvallamento di 6 a 7 metri in 1470 anni e quindi un movimento secolare medio di 40 a 50 centimetri.

Anche dopo le osservazioni surriferite, la questione è tutt' altro che esaurita e ben giustamente essa inspira il più vivo interesse, non scevro di preoccupazioni, agli uomini più colti dei Paesi Bassi. Lo studio del fenomeno che qui ci occupa sta ora per entrare colà in una nuova fase, in quella delle osservazioni sistematiche e rigorose; come risulta dalle notizie seguenti, somministratemi dal sig. de Baumhauer:

« Après avoir ainsi resumé les faits, M. Harting conclut que, s'ils rendent vraisemblable un abaissement du sol des Pays-Bas, effectué dans le cours des derniers siècles et se continuant encore de nos jours, ils n'en donnent pas la preuve décisive. En conséquence, il demanda

[1] De Laveleye, *Opera citata*, p. 16.

que l'Académie prit l'initiative d'un système d'observations et de mesures propre à faire acquérir, plus tard, une certitude complète au sujet de ce mouvement présumé et à en faire connaître, éventuellement, la valeur exacte dans un espace de temps déterminé.

» La proposition de M. Harting trouva un accueil favorable chez l'Académie, qui chargea une commission spéciale du soin d'élaborer un projet d'observations.

» Cette commission, composée de MM. Conrad, Stamkart et Harting (ce dernier fut remplacé plus tard, à sa demande, par M. Delprat), déposa les résultats de son travail dans deux rapports, insérés aux *Verslagen en Mededeelingen d. Kon. Ak. v. Wet.*, t. I, 1853, p. 117 et 346. Elle y conseillait les mesures suivantes:

» 1.° Etablir un certain nombre de repères fixes, sur des édifices à fondements solides, en des points situés:

a. Sur le littoral de la mer du Nord, où à peu de distance, depuis la province de *Groningue*, en passant par les îles, la Nord-Hollande, la Sud-Hollande et la *Zélande*, jusqu'en *Flandre*;

b. Sur une ligne longeant le littoral du *Zuiderzee*, depuis la *Frise* jusqu'en Hollande, et, en outre dans l'île d'*Urk*, spécialement désignée par son sol très ferme;

c. Plus à l'intérieur du pays, jusqu'aux frontières de l'Allemagne et de la Belgique.

» 2.° Relier ces repères entre eux par des nivellements exécutés avec tout le soin possible. Pour cette partie du travail, les nivellements déjà faits à différentes époques par le génie civil et le génie militaire, pourront être utilisés et n'auront besoin que d'être complétés en temps opportun.

» 3.° Répéter ces nivellements à de longs intervalles, par exemple, au bout de 20 ou 25 ans.

» 4.° Achever le travail entrepris jadis par Alewyn, à

savoir, le calcul complet de toutes les observations faites régulièrement, depuis 1700, au bureau hydrographique d'*Amsterdam*. Ce travail conduira à une connaissance plus complète des changements qui ont pu ou pourront avoir lieu dans le niveau de l'*Y*, comparativement au zero de l'échelle d'*Amsterdam*.

» 5.° Recueillir et calculer de la même manière les observations maréographiques qui se font actuellement au *Helder* et celles qui pourront être faites plus tard en d'autres points du pays, sur les côtes de la mer du Nord, du *Zuiderzee* et de l'*Y*. La différence de niveau entre le zéro de l'échelle de chacun de ces points et l'un des repères fixes dont il a été question en 1.°, sera déterminée aussi souvent qu'on le jugera nécessaire.

» La commission estimait que par cet ensemble de mesures, exécutées avec toute l'exactitude que la science permet d'attendre, la situation du sol de la Néérlande entière, par rapport à la surface horizontale moyenne de la mer, serait bientôt connue avec assez de précision pourqu'il soit possible, au bout d'un temps suffisant, de donner une réponse catégorique à la question concernant l'abaissement ou le soulèvement du sol.

» Le projet de la commission, ayant reçu l'approbation de l'Académie, fut soumis par celle-ci au Gouvernement et à l'administration de la ville d'*Amsterdam*, qui voulurent bien promettre leur bienveillant appui et leur concours efficace.

» En conséquence, toutes les dispositions préliminaires furent rapidement prises, et bientôt le service des observations maréographiques quotidiennes, suivant le plan adopté par l'Académie, se trouva organisé sur plusieurs points.

» Depuis lors, il n'a pas cessé de fonctionner régulièrement, et tous les tableaux des observations ont été adres-

sés à l'Académie, qui avait chargé l'un de ses membres, M. Stamkart, d'en opérer le dépouillement et, le moment venu, d'en tirer les conséquences. M. Stamkart s'était appliqué à cette tâche avec le zèle et la conscience que ce savant distingué apportait à tous ses travaux. Malheureusement, il n'a pu la conduire jusqu'au bout, la mort l'ayant frappé avant qu'il eût rien publié du résultat de ses recherches.

» Après le décès de M. Stamkart, l'Académie désigna, pour le remplacer, M. Van de Sande Bakhuyzen, directeur de l'observatoire astronomique de *Leyde*. Tous les documents accumulés sur la question sont donc aujourd'hui entre les mains de ce dernier, et on peut compter qu'ils seront de sa part l'objet d'une étude approfondie.

» Jusque là, aucune conclusion certaine ne pourra être formulée. D'un examen très sommaire il semblerait résulter, toutefois, que si le sol éprouve un mouvement dans un sens ou dans l'autre, ce mouvement est trop faible pour qu'il puisse être facilement apprécié pendant le laps de temps sur lequel ont porté les observations ».

Estensione del movimento. — Le condizioni topografiche del paese accennano, secondo de Laveleye, alla estensione e forma della zona d'avvallamento. Questa sarebbe circoscritta, tra il *Passo di Calais* e il *Jütland*, da una striscia di terreno quasi perfettamente orizzontale, qua sott'acqua, là appena emersa, altrove più bassa del livello marino e pure asciutta mercè le dighe. Siffatta striscia avrebbe una lunghezza di circa 800 chilometri, con 50 a 60 di larghezza in media, abbraccierebbe parte della Francia settentrionale, il Belgio, l'Olanda, l'*Annover*, l'*Holstein* e seguirebbe poscia la costa meridionale del *Baltico*. In tutto questo spazio non una collina, non uno scoglio rompe l'uniformità del suolo, costituito di una melma, mista di rena depositata dalle correnti fluviali, melma fertilissima e per-

ciò facile a riconoscersi. Al di sotto della formazione suaccennata, che raggiunge verso il mare la potenza massima di 3 a 4 metri, si trovano torbiere che coprono spazi grandissimi e sono tanto vicine l'una all'altra da formar quasi uno strato continuo. La torba riposa alla sua volta sopra un terreno argilloso e sabbioso, contenente tronchi d'albero, bene spesso verticali e provvisti ancora delle loro radici; sono per la massima parte abeti, il cui legno è appena alterato, ma non vi mancano quercie e noccioli. Questa torba sarebbe identica a quella che si trova nell'interno del paese, se non fosse impregnata di sal marino che penetrò nel suo tessuto, mentre era coperta dal l'acqua salsa.

Le torbe, da un lato, si continuano nell'interno in gran parte del Belgio, della Prussia e della bassa Germania fino appiedi dell'*Harz*, dall'altro, si estendono sotto il livello marino, ove l'esistenza loro fu accertata in parecchi punti. Queste torbe, scalzate dal mare, sono rigettate bene spesso sulla spiaggia all'isola di *Walcheren* e in altri punti.

Mentre i fatti citati dal de Laveleye non lasciano dubitare del lento avvallamento di quella zona di terra, non sono tali, a parer mio, da inferirne che il bradisismo non si estenda oltre i territori, in cui, per le loro speciali condizioni topografiche, esso è più apparente. A me sembra infatti probabilissimo che lo sprofondamento del Mare del Nord e del *Baltico* meridionale si connetta, attraverso la Germania, con quello già segnalato nella regione adriatica e con altri che saranno descritti nel centro e nel mezzogiorno del Mediterraneo.

Belgio. — In ordine ai bradisismi verificatisi e tuttora attivi nel Belgio, vi ha qualche discrepanza fra gli studiosi.

Nell'esporre lo stato della questione, io mi atterrò principalmente alle indicazioni manoscritte gentilmente comu-

nicatemi da E. Van den Broeck e a quelle che ho potuto attingere nelle opere di Hahn e di de Laveleye.

Parte del territorio belga, verso il mare, è coperta da un deposito marino quaternario che costituisce certa prova di un sollevamento. Questo deposito, regolarissimo, presenta il suo limite, verso l'interno, da *Diamude* fino a *Louvain*, verso i 20 m. d'altitudine; da *Louvain* fino alla *Mosa*, risale fino a circa 75 m., passando per tutti i termini intermedi (1). Nella zona propriamente litorale, giace sulle arene quaternarie un letto di torba, la cui formazione si è protratta, secondo Dewalque, fino all'epoca romana; e, alla sua volta, la torba sostiene un deposito particolare d'argilla (*argilla d' Ostenda, argilla dei Polders*), formatosi, secondo lo stesso autore, durante il medio evo.

Ora, siccome il sedimento argilloso coincide nel suo limite interno colla curva orizzontale di 5 m., qual'è indicata nella nota carta di Dumont, il geologo Dupont inferisce da questo fatto che, dopo il sollevamento delle sabbie quaternarie, il Belgio non abbia subito sensibili oscillazioni (2).

Ma per menar buona siffatta conclusione converrebbe conoscere a qual profondità scende, nei vari tratti della sua estensione, la base dello strato torboso; bisognerebbe accertarsi che il suolo delle città e i piani sui quali riposano gli antichi edifizi non hanno subito, dai tempi storici più remoti in poi, mutamenti di livello rispetto al mare.

(1) La formazione terziaria sottoposta non è in alcun modo dislocata, ma costituisce un piano appena un poco inclinato verso il nord.

(2) Le considerazioni sulle quali si appoggia questo modo di vedere sono sviluppate in un capitolo dell'opera intitolata: « *Patria Belgica, encyclopédie nationale de toutes les connaissances relatives a la Belgique ancienne et moderne, publiée sous la direction de* M. E. Van Bemmel (Bruxelles 1873) », capitolo che tratta della orografia.

Sembra invece che la distruzione di *Scarphout*, avvenuta per opera del mare nel XIV secolo, abbia avuto per causa determinante la lenta depressione del suolo, sembra che *Ostenda*, difesa oggi da una diga, senza la quale sarebbe parzialmente sommersa, fosse altra volta situata fuori della stessa e, per conseguenza, ad un livello più alto. E, risalendo ad un passato più remoto, la scoperta fatta presso *Bruges*, in *Fiandra* (scoperta ricordata da Buffon), di tronchi d'albero, sepolti alla profondità di 40 a 50 piedi, accenna allo stesso fenomeno.

ISOLE BRITANNICHE.

Scozia. — Il sollevamento che comprende tanta parte dell'Europa settentrionale, si manifesta anche in Scozia. Lungo le sue coste si osservano a vari livelli linee d'erosione parallele, tracciate dai flutti, che indicano altrettante fasi del medesimo fenomeno (1). In varie località si trovano, in corrispondenza di questi medesimi livelli, depositi contenenti conchiglie di specie tuttora viventi nell'Atlantico. Guyn Jeffreys, il noto conchiologo, fece conoscere, nel 1862, un litorale sollevato presso il *Forte William*, nella contea d'*Inverness* (2). Egli vi raccolse un certo numero di conchiglie, le quali, per la massima parte, si ritrovano nel mare vicino, a piccola profondità. Alcune di tali conchiglie, tuttavolta, accennano a condizioni climatologiche un po' diverse dalle attuali, perciocchè spettano a specie o varietà confinate attualmente in regioni più settentrionali. Tali sono: *Pecten Islandicus, Columbella Holböllii.*

(1) I terrazzi del *Glen Roy*, tante volte citati ad esempio di antichi lidi emersi, non si considerano più come tali e si credono invece formati da laghi glaciali. Questa interpretazione raccolse omai, tra i geologi delle Isole Britanniche, i più autorevoli suffragi.

(2) *Reports of the British association*, Cambridge 1862.

Littorina squalida, Mangelia pyramidalis, Margarita costulata, Natica clausa, Trophon Gunneri.

Dopo accurati confronti tra la fauna d'*Inverness* e quelle fossili e viventi delle regioni circostanti, Jeffreys venne alla conclusione che la prima differisce notevolmente dalla fauna del *crag* ed offre un carattere più che altro scandinavo. Le faune dei lidi emersi dell' *Yorkshire,* del *Staffordshire* e del *Norfolk,* all' incontro, e quella altresì trovata a *Kelsey Hill,* nel letto del *Clyde,* presentano un carattere decisamente artico ([1]).

Quantunque manchino osservazioni dirette e sicure circa il sollevamento della estremità settentrionale della *Scozia,* Hahn argomenta che abbia partecipato al movimento generale di tutta la regione.

Lungo la costa occidentale della contea di *Ross*, una antica denominazione locale potrebbe addursi, come avvertiva Zirkel ([2]), quale indizio di sollevamento. Ivi trovasi un ampio *fjord,* che ha nome *Loch Ewe* e, nel prolungamento di esso, havvi un bacino interno assai angusto e lungo detto *Loch Maree*, il quale fu probabilmente in comunicazione col *fjord*, prima che ne fosse disgiunto dal lento sollevarsi del suolo; infatti alla sua estremità superiore vi è un punto che da tempo immemorabile porta il nome di *Kinloch Ewe,* letteralmente *Fine del Loch Ewe*, e accenna all'antica loro connessione.

Anche la depressione del *Canale Caledonico* doveva essere verosimilmente occupata da un braccio di mare che divideva le contee di *Sutherland* e di *Ross* e parte di quella di *Caithness* dal resto della Scozia

Gli estuari dei fiumi *Forth*, *Tay* e *Clyde* presentano una successione di terrazzi orizzontali, disposti a scaglioni,

(1) *Revue de Géologie pour les années 1862 et 1863,* Paris 1865, p. 33

(2) *Zeitschrift der Geol. Gesellsch.*, 1861, p. 1 (citaz. di Hahn).

causa generale. Oltre a questo e ad altri casi di rive boscose invase dal mare a *Tiree,* egli ne cita una nella baia di *Skaill* (*Orcadi*), e sulla costa orientale della Scozia, presso *Flisk,* alla foce del *Tay.* Qui è ben probabile che il movimento discendente abbia preceduto quello in senso contrario.

Costa orientale dell'Inghilterra. — I mutamenti avvenuti nei tempi recenti in questa parte della Gran Brettagna non possono spiegarsi che invocando la depressione. Traccie o memorie di terre scomparse per effetto del mare si trovano presso *Bamborough*, *Holy Island* e *Tynemouth Castle* nel *Northumberland*; così pure ad *Hartlepool* e altrove nel *Durhamshire.*

Quasi tutto il lido dell' *Yorkshire,* dalla foce della *Tees* fino a quella dell'*Humber,* è in via di continua distruzione. Le ripe minate, erose, si foggiano a guglie e mura verticali che ben presto strapiombano e crollano. Ciò si verifica, al *Capo Flamborough* e specialmente fra questo capo e *Spurn Point;* ivi le antiche città di *Auburn*, *Hartburn* e *Hyde,* segnate sulle antiche carte dell'*Yorkshire,* hanno cessato d'esistere e nei punti che occupavano si vedono banchi di sabbia. Una intera via del villaggio di *Hornsea* è stata rapita del mare, così *Owthorne* e la sua chiesa e, in parte, il villaggio di *Kilnsea.* A *Owthorne* il progresso del mare si valutava, fino al 1830, di circa m. 4 all'anno.

Lyell crede probabile che, in un avvenire non remoto, lo *Spurn Point* si converta in isola e che il mare, penetrando più addentro nell'estuario dell'*Humber*, produca gravi danni. Se il mare, osserva Pennant (citato da Lyell), fu causa dell'interrimento di vari porti, in questa regione, usò pure terribili rappresaglie: *Ravensper,* che gareggiava con *Hull,* non è più che un nome, e così può dirsi di altre città e villaggi popolosi che divennero preda dell'Oceano.

La zona marittima del *Lincolnshire* comprende estesi terreni bassi, sottratti alla invasione del mare per mezzo

di dighe, i quali, in tempi assai remoti, erano coperti di boschi e, secondo ogni verosimiglianza, si trovavano ad un livello più alto rispetto al mare.

Nel *Norfolkshire* e nel *Suffolkshire,* la distruzione delle ripe è incessante e rapidissima. A *Sherringham* un tratto della costa perdette 17 metri fra il 1824 e il 1829. L'asta della bandiera della stazione del *Preventive Service,* a mezzogiorno del porto, fu per ben tre volte allontanata dal mare erompente. Delesse accenna ad una foresta sottomarina scoperta in quei pressi fra *Wells* ed *Hunstanton.*

Poco lunge, il borgo di *Cromer* è oggi sott'acqua e sulla medesima costa il paesello di *Eccles* fu gradatamente invaso dalle onde, talchè, nel 1839, Lyell non ritrovava di esso che alcuni edifizi in rovina, fra i quali la chiesa, la cui torre emergeva da un monticello d'arena trasportata dal vento.

Anche laddove gli interrimenti dei fiumi danno luogo alla formazione di nuove terre, come a *Yarmouth,* le onde e le correnti, col favore della generale depressione di quel territorio, producono, per lo più con lentezza, ma talvolta, anche repentinamente, erosioni profonde nella costa, scavando canali ove erano bassifondi, asportando banchi sommersi, ecc.

Da *Gorleston,* nel *Suffolkshire,* fino a qualche miglio a settentrione di *Lewestoff,* l'erosione delle rive si manifesta energicamente, salvo presso quest'ultima città, ove, per circostanze speciali, una nuova spiaggia si estende grado grado appiè della ripa. Il villaggio di *Pakefield* fu in parte distrutto nel presente secolo e ove il suolo era asciutto si hanno profondità di 5 e perfino di oltre 7 m. *Dunwich,* già porto ragguardevole, ha cessato d'esistere. Prima è abbattuto un convento, cadono poi diverse chiese; in seguito è distrutto il porto; in una sola volta il mare inghiottisce 400 case e finalmente gli altri edifizi grado grado subiscono la stessa sorte. Il borgo *Aldborough* soggiacque

ad una terribile devastazione per effetto del mare, dopo la quale, formatisi due banchi di sabbia d'innanzi alla riva, questa fu temporariamente difesa da ulteriori danni; nel punto occupato altre volte dal paese, il mare ha m. 7. 30 di profondità. Procedendo verso il mezzogiorno, si vuole che le ripe di *Bawdsey* e *Felixtow* sieno in via di sensibile abbassamento.

Nell' *Essex, Orwell* fu distrutta dalla invasione dell' Oceano ed *Harwich,* che l' ha sostituita, va incontro, secondo Lyell, alla stessa sorte. A *Walton Naze,* nella stessa contea, la distruzione procede rapidamente; l' antico cimitero di *Walton* è già scomparso.

Nel *Kentshire,* l' isola di *Sheppey* perdette in 20 anni (dal 1810 al 1830) 20 ettari di superficie. Sulla terraferma, di contro all' isola, si trova *Herne Bay,* il cui antico nome più non le conviene, la baia essendo omai scomparsa per la distruzione dei capi che la limitavano. Più innanzi, verso l' est, si trova *Reculver* (*Regulvium*) che fu sotto il dominio romano importante stazione militare. Colà, verso la metà del secolo scorso, si osservavano in riva al mare le mura dell'antico campo romano, ma, un po' prima del 1780, furono corrose e inghiottite dalle onde. Più tardi, nel 1804, scomparivano il camposanto ed alcune case vicine e l'antica chiesa, gravemente minacciata, fu abbandonata. Le ripe situate fra *Nord Foreland* e *Reculver,* come pure fra *Ramsgate* e *Pegwell Bay,* subirono negli ultimi tempi profonda degradazione. All'incontro, dai tempi storici più remoti fino al XV secolo, lo stretto che divideva l' isola di *Thanet* dal continente si fece più angusto, tantochè, nel 1485, vi fu fabbricato un ponte.

Il banco di sabbia di *Goodwin,* che si trova di contro a questa parte del *Kentshire,* è verosimilmente il rimasuglio di un' isola, della cui scomparsa si sarebbe conservata una confusa tradizione.

Procedendo verso il *Passo di Calais,* continuano ad osservarsi sulle coste dell' Inghilterra le traccie del progressivo crescere dell' Oceano a scapito della terra emersa. In pari tempo la profondità del mare va diminuendo gradatamente fino a quel tratto, compreso fra *Romney Marsh* e *Boulogne* (ov' è minima), dal quale aumenta poi di nuovo progressivamente verso l'ovest. Da queste particolarità, come pure dalla identità di costituzione geologica ai due lati dello stretto e da altre molte considerazioni, risulta evidente che la separazione dell' Inghilterra dalla Francia è un fatto recentissimo; risale appena, cioè, agli ultimi tempi del periodo quaternario.

A *Folkestone,* le onde ingoiarono tratti di terra assai estesi. Si accerta, inoltre, che il paese subì nel 1716 una subitanea depressione. Anche a *Hythe* il mare si avanza; ma fra questo punto e *Rye* si verifica il fenomeno opposto, dovuto indubbiamente alla sedimentazione; tuttavolta, la pianura paludosa ivi formata (*Romney Marsh*), deve essere protetta mediante dighe, acciocchè le onde non riprendano il loro dono.

Costa meridionale dell' Inghilterra. — Lungo la costa meridionale dell' Inghilterra, si producono fatti analoghi ai sopraccitati. Si degradano più o meno rapidamente le ripe prossime ad *Hasting;* a *Beachy Head,* presso *New Haven,* il mare ruina le ripe e minaccia di asportare gli ultimi avanzi del campo trincerato romano di *Castle Hill.* Tutto il *Sussexshire* si trova da tempo immemorabile esposto alle irruzioni del mare, che obbligarono parecchi centri popolosi, e fra gli altri la città di *Brighton,* a reiterati spostamenti (1). L'isola di *Portland* e la penisola di *Purbeck*

(1) Nel XVI secolo, sotto il regno di Elisabetta, *Brighton* occupava un'area ora sommersa, sulla quale si è poi costruita una diga. Lo spostamento della città si è operato gradatamente, senza scosse, senza che avvenisse alcun turbamento nelle abitudini della popolazione.

subiscono degradazioni incessanti, le quali provocano da quando a quando grandi frane. Fatti analoghi si verificano in altri punti del *Dorsetshire* e nel *Devonshire.*

La *Cornovaglia* ci offre prove dirette di una recente sommersione. Ivi, non solo il *Green,* lingua di terra che si protende nell' Oceano presso *Penzance*, perdette gran parte della sua lunghezza, ma, fra *S.t Michael's Mount* e *Newlyn,* vedesi uno strato di terra vegetale nera, contenente nocciole, tronchi e radici d'albero, che scende fin sotto il livello del mare. Inoltre, la tradizione, avvalorata dalla filologia, vuole che il *Mount,* il quale è ora uno scoglio isolato, fosse situato entro terra, in mezzo ad un bosco ([1]). Secondo Delesse, il territorio di cui si tratta presenterebbe anche segni di recente sollevamento fra i capi *Lizard* e *Land's End* e specialmente presso *Falmouth* ([2]).

Fin dal 1815, Horner osservò alla foce del *Parret,* nella parte meridionale del canale di *Bristol* (*Sommersetshire*) una foresta sottomarina, considerandola come prova di un avvallamento.

Rispetto alla *Cornovaglia*, oltre agli indizi di lenta depressione visibili lungo le coste, è qui da ricordarsi una tradizione locale, non certo destituita di qualche fondamento, che allude alla scomparsa di un vasto territorio tra il capo *Land's End* e le isole *Scilly* o *Sorlingues.* Certo è che anni sono si vedevano, e forse vedonsi ancora, presso queste isole antichi edifizi sommersi fino a 16 m. di profondità, a marea bassa.

Costa occidentale dell' Inghilterra. — Lungo il lido occidentale dell' Inghilterra, si verificano pure mutamenti nei rapporti reciproci fra il mare e la terra, per lo più a vantaggio

([1]) La sua denominazione: (*Caraclowse in Cowse*) significherebbe nell' antico idioma del paese « *Scoglio bianco nel bosco* » (Carew).

([2]) *Les oscillations des côtes de France, Bull. de la Soc. de Géographie,* 1872, tome III, p. 11.

del primo; ma in generale sono meno sensibili che lungo la costa orientale.

Nella contea di *Sommerset,* fra *Clevedon* e *Taunton,* si trova una regione paludosa e torbosa difesa dalle invasioni del mare per mezzo di dighe. Il sig. Poole (¹) verificò in essa le traccie di due antichi livelli che corrispondono a due successivi abbassamenti del suolo. Al di sopra del livello inferiore, a circa 9 metri di profondità, s'incontrarono ossa umane ed oggetti d'industria primitiva, da cui si inferisce che il secondo movimento ebbe luogo dopo la comparsa dell'uomo.

Le pianure che limitano l'estuario della *Severn* si sono ai tempi nostri assai estese; ma, d'altra parte, fra la *Mersey* e la *Dee,* nel *Chester,* la riva ha retroceduto in meno di un secolo di più centinaia di metri, talchè parecchi fari furono abbandonati. Anche qui la tradizione accenna alla sommersione di grandi tratti di paese.

Smith d'Inverary accenna ad alcuni tronchi e radici rinvenuti nella posizione loro normale, al tempo di Enrico II, nel *Pembrokeshire* a *Neugal* e in altri punti, come pure nel *Cardiganshire.* Al nord del fiume *Mersey,* si osservano parimente simili avanzi vegetali al di sotto dell'alta marea (Paoli). Narra Buffon che « nell'isola di *Man* si trovano in una palude, che ha 6 miglia di lunghezza e 3 di larghezza, chiamata *Curragh,* alberi sotterrati, abeti, e, sebbene giacciano a 18 o 20 piedi di profondità, sono ritti sulle loro radici ». Fatti consimili, soggiunge, si verificano nelle provincie di *Sommerset, Chester, Lancastre* e *Stafford.*

Irlanda. — Intorno all'*Irlanda* non si hanno che scarse indicazioni relative ai bradisismi. Le profonde insenature del litorale di quest'isola favoriscono la presunzione che

(¹) *Geological Society,* 1866, p. 118 e *Revue de Géologie,* 1866, p. 209.

abbia subito estesi avvallamenti, mentre, d'altra parte, la posizione di alcuni laghi (come il *Lough Neagh,* il *Lough Stranford* ecc.) fa nascere il sospetto che possano risultare da antichi golfi ed insenature, chiusi per effetto di lenta emersione di fondi marini.

È da notarsi in proposito il fatto che furono scoperte presso *Waterford,* a m. 18, 3 d'altitudine, conchiglie marine recenti e che appunto colà, come avverte Hahn, la costa è straordinariamente frastagliata, da che si avrebbero indizi, ad un tempo, dei due movimenti.

Lyell narra come in una palude, presso *Donegal,* sulla costa nord-est dell'*Irlanda,* si trovasse una capanna che giaceva a m. 4, 3 di profondità, insieme ad alberi in posizione eretta; egli attribuisce però la sommersione di quel territorio al subitaneo straripamento di una torbiera, anzichè a lenta depressione del suolo.

Le formazioni glaciali conchiglifere, che trovansi in vari punti dell'*Irlanda* e della *Scozia,* sono bene spesso difficili ad interpretarsi dal punto di vista dei bradisismi. Infatti, gli autori non vanno punto d'accordo circa il loro vero significato. Per gli uni, sono la conseguenza della maggiore altezza delle acque durante il periodo frigido, per altri furono sollevate e portate innanzi dal movimento della callotta glaciale artica, la quale occupò temporariamente tutta l'estensione del Mare Germanico e del Mare d'*Irlanda,* per altri ancora i materiali di cui risultano, dopo essere rimasti impigliati in ghiacci galleggianti, furono espulsi e distribuiti in disordine a varie altitudini. Tenendo dietro alla discussione che ebbe luogo su questo soggetto tra i signori Belt, Goodchild, Mackintosch, Hardman [1], mi è rimasta l'impressione che l'ultima, tra queste ipotesi,

[1] Vedasi il giornale « *Nature* » del 1874, il *Geological magazine* del 1875 e la *Revue de géologie pour les années 1874* e *1875.*

riposasse sopra più salde basi, senza escludere però il supposto di ragguardevoli oscillazioni del suolo, avvenute in quella regione tra il periodo glaciale e l'attualità.

REGIONE FRANCO-ISPANICA.

Coste del Passo di Calais. — L'esame del litorale oceanico della Francia ci offre, dal punto di vista che qui ci occupa, una congerie di fatti notevoli. La conformità nella costituzione geologica delle due rive del *Passo di Calais,* dimostra che la sua formazione risale ad un'epoca relativamente recente, ma è però indubbiamente più antica dei depositi di ghiaie che occupano il fondo delle valli, depositi formatisi nel declinare del periodo glaciale; Philipps stima che ebbe luogo da circa 60000 anni.

In un tentativo di ricostruzione delle grandi linee geografiche dell'Europa settentrionale, 120 secoli prima dell'epoca attuale, tentativo che fa parte di un'opera ora in corso di stampa, Hansen Blangsted riunisce al continente europeo, limitato ad oriente da un oceano che copre gran parte della Russia odierna, l'Inghilterra e l'*Irlanda,* e suppone che la *Senna,* seguendo il suo corso in una valle ora sommersa dalla *Manica,* dopo essersi accresciuta della *Severn,* sboccasse nell'Oceano Atlantico, verso il 15° grado di long. del meridiano di Parigi. Crede similmente che la *Tweed,* il *Tamigi,* la *Mosa,* il *Reno,* il *Weser,* l'*Eider,* fossero altrettanti affluenti di un unico immenso fiume che aveva foce a nord-ovest della Danimarca odierna, in uno stretto, il quale divideva l'Europa d'allora da un isola scandinava, ridotta presso a poco alla sola Norvegia, mentre erano sott'acqua la massima parte della Svezia, la Lapponia, la Finlandia ed anche la Russia e la Siberia, salvo un piccolo tratto delle provincie baltiche e un' isola uralica. Accennando a questa ingegnosa interpre-

tazione della geografia quaternaria di gran parte del nostro continente, non credo sia ora il caso di farne oggetto di discussione, l'autore non avendo ancora esposto le considerazioni che lo hanno guidato in questo suo lavoro. Osserverò soltanto che egli mostra di accettare l'opinione generalmente ammessa, secondo la quale la Francia e l'Inghilterra erano ancora strettamente connesse in tempi non molto lontani da noi.

Non sappiamo se il fenomeno che diede luogo allo stretto fu lento o rapido, tranquillo o violento. Da mutamenti che attualmente si verificano lungo quei litorali, si può argomentare che la soluzione di continuità avvenne per l'azione distruttiva del mare, col concorso di una lenta depressione. Comunquesia, al presente, non è certo che sulla riva francese dello stretto il movimento discendente continui ed anzi si vuole che in alcuni punti abbia luogo un movimento in senso inverso. Presso il piccolo porto di *Sangatte,* si vedono cordoni littorali di ghiaie paralleli alla costa. Sembra che in tempi assai remoti i territori di *Dunkerque* e di *Ostenda,* fossero isole e che una baia si addentrasse profondamente nel litorale da *Calais* fin verso *Thérouane* (1).

Questo sollevamento si continuerebbe per tutto l'*Artois,* ove le spiaggie marine gradatamente si estendono, e dai tempi di Cesare ai dì nostri, il mutamento sarebbe stato assai ragguardevole. Anche senza risalire ad età sì remota, sappiamo che un estuario paludoso, oggi prosciugato, si estendeva, nel decimo secolo, fino alla città di *Saint Omer,* e che la riviera *Aa* dava adito alle navi dirette a quella volta.

Le città di *Calais, Dunkerque, Gravelines* e *Furnes* erano

(1) A. Réville, *La geographie de la Gaule, Revue des deux Mondes,* 1.' Aout 1879.

situate sopra un cordone litorale emerso, il quale divideva dal mare estese paludi, più tardi convertite dall'uomo in fertili campagne. Varie isole emergevano da quelle acque stagnanti, le quali, fin dal VII secolo, erano collegate al continente. Procedendo verso mezzogiorno, troviamo presso l'estuario della *Somma* estese pianure, guadagnate recentemente sul mare. Vere spiaggie emerse e cordoni di ghiaia, disposti concentricamente con perfetta regolarità, si osservano a *Cayeux*. Questi cordoni, in numero di 20 a 30, sopra una larghezza di 100 a 150 metri, riposano sopra un terreno sabbioso, alto circa 2 metri sulle acque piene; l'altezza loro è qua di pochi centimetri, là perfino di due o tre metri. Ma, d'altra parte, si trovano lungo la costa, presso *Abbeville,* avanzi di boscaglie sommerse dal mare e torbiere che accennano ad un più recente avvallamento.

Normandia. — L'estuario della *Senna* subì nei tempi storici modificazioni importanti; si formarono, a cagion d'esempio, i piani dell'*Havre* e di *Harfleur* (1); ma ignoriamo in qual modo e in qual misura le oscillazioni del suolo possano aver contribuito a produrre un simile risultato.

All'*Havre,* gli scavi praticati nel 1876, pei lavori dell'antiporto, misero alla luce, dall'alto al basso, una formazione marina affatto moderna, contenente avanzi dell'epoca romana, una seconda fluviatile, che Chèvremont considera come un alluvione post-glaciale, con manufatti neolitici ed una terza, puramente marina, attribuita dallo stesso autore alla seconda epoca glaciale.

Nei dipartimenti della *Manica* e del *Finistère,* ad ogni piè sospinto ci si palesano le traccie di un movimento discendente, il quale tuttora si esercita. I bassifondi di *Arromanche* presentano, sporgenti dalle sabbie, mozziconi

(1) **Reclus**, *Opera cit.*, p. 730.

di legno, residui di piante arboree recentemente sommerse, i quali si scoprono ancora a lunghi intervalli, all' epoca delle grandi maree equinoziali.

A *Bricqueville-sur-Mer,* a *Brehal,* a *Hauteville-sur-Mer* (*Manche*), a *Asnelle* (*Calvados*), Quenault scoprì simili resti di antiche foreste ora sommerse, cioè tronchi d' alberi, colle loro radici ancora infitte nel terreno, i quali all'alta marea rimangono coperti da 8 a 14 m. d' acqua ([1]). Presso *Caen,* si trovarono più volte, nella torba, sotto al livello della bassa marea, antichi manufatti, i quali, secondo Quenault, dovettero essere abbandonati dall' uomo ad un livello più alto. Sulla spiaggia di *Carentan,* Texier segnalò vestigia di foreste sottomarine. L' invasione del mare è manifesta nella baia della *Hougue* e nel seno di *Carteret* ([2]). Nella prima, mi scrive il capitano Jouan, il mare si sarebbe assai inoltrato se non fosse contenuto da dighe. Nella baia di *Sainte-Anne,* fra *Querqueville* e *Cherbourg,* gli scogli denominati *Les Sauqueux,* che si trovavano in parte a secco durante le alte maree, oggidì non si scoprono più. A *Sain-Lo-d'Ourville* si verifica lo stesso fatto per lo scoglio detto *La Jument* (Quenault). A *Régneville,* quasi ogni giorno penetrano ora nel porto navi di 150 tonnellate, mentre, quarant' anni addietro, l' acqua mancava bene spesso ai bastimenti, la cui portata era meno del terzo (Quenault).

Da una lettera del succitato capitano Jouan, rilevo che alcuni abitanti del paese si ricordano di essere andati da *Cherbourg* a *Querqueville* (a ponente di *Cherbourg*), per una strada maestra oggi sommersa. In varie parti del dipartimento si scoprono, a marea bassa, come dissi, traccie di

([1]) Quenault, *Les mouvements de la mer, ses invasions* etc., Coutance, senza data.

([2]) Bonissent, *Congrès scientifique de Cherbourg,* 1860 (Reclus).

una foresta sommersa che doveva essere assai rigogliosa. Gli alberi, tutti di specie viventi in Francia, sono convertiti talvolta in una sorta di torba, tal'altra, la conservazione loro permette di adoperarli come materiali da costruzione.

Per eccezione, in alcuni punti, è la terra emersa che cresce; così, nella insenatura formata dal dipartimento della *Manica* e da quello del *Calvados*, la quale è ora occupata da una torbiera. Questo fatto dipende evidentemente dai copiosi materiali trasportati da vari piccoli corsi d'acqua.

Nelle foreste sottomarine e nelle torbiere, si trovano bene spesso avanzi dell'industria umana, suscettibili di fornire qualche dato intorno all'epoca della loro sommersione. D'innanzi a *Querqueville* e *Vacqueville*, per esempio, si raccolsero medaglie che risalgono ai primi tempi dell'impero romano. Tutto tende a dimostrare che, dalla conquista romana in poi, avvenne un avvallamento. Senonchè il capitano Jouan esita ad accettare, in ordine ai tempi più prossimi a noi, questa conclusione, pel riflesso che i mutamenti nei rapporti reciproci fra la terra e le acque possono aver subìto cambiamenti per effetto di recenti opere d'arte, come dighe, banchine, fortezze, dalle quali fu probabilmente modificato il regime delle acque, la direzione e la forza delle correnti e che la coincidenza delle grandi maree colle tempeste è suscettibile di provocare erosioni e frane, le quali simulano effetti d'una depressione. Egli osserva a questo proposito, che tratti di costa validamente difesi dall'azione erosiva, nel porto commerciale di *Cherbourg*, non subirono in più d'un secolo (da che gli scali sono costruiti) alcun mutamento di livello apprezzabile. Nella rada di *Cherbourg*, la spiaggia del *Casino* si è sensibilmente estesa, in 25 o 30 anni, in conseguenza delle recenti costruzioni. Ma in altri punti, per esempio, fra l'i-

sola *Pelée* (nella parte N. E. della rada) e la terraferma la profondità del mare, secondo la tradizione avvalorata da documenti scritti, si è accresciuta. Ma in questo fatto non si può riconoscere che l'effetto di una corrente, la quale in certe ore attraversa lo stretto con una velocità di 7 chilom. e mezzo l'ora; così il capitano Jouan. In conclusione, sembra che se quel territorio va soggetto attualmente a qualche movimento, deve essere lentissimo, giacchè i rapidi progressi del mare possono essere attribuiti a fenomeni d'erosione e mancano prove dirette e ben manifeste di depressione.

Nella notte dal 31 Dicembre 1876 al 1.° Gennaio 1877, un colpo di vento, secondando un'alta marea, produsse gravi danni a *Granville;* distrusse una parte degli scali, rovesciò muri e penetrò nelle strade, scompigliandone il pavimento. In passato, verificandosi le medesime contingenze di tempo e di marea, secondo Quenault il mare s'inoltrava assai meno (¹).

L'area di depressione della *Normandia* settentrionale si inoltra entro terra e comprende, secondo le maggiori probabilità, anche il territorio di *Parigi.* Per recare un argomento in appoggio di questa supposizione, ricorderò il fatto che *Notre-Dame,* la vetusta e meravigliosa cattedrale, non possiede più la gradinata di 13 gradini, di cui accennano le cronache, ciò perchè il pavimento del suolo circostante fu successivamente innalzato, per sottrarlo forse ai periodici straripamenti della *Senna.* D'altronde, basta che le acque di questo fiume salgano a 4 m. 50 all'idrometro del *Pont-Royal,* perchè invadano le cantine delle case situate lungo le rive e se s'innalzassero fino ad 8 e 9 m., raggiungerebbero i piani terreni (²).

(¹) *Les mouvements de la mer etc.*, p. 6.
(²) Tissot, *Op. cit.*, p. 21.

Orbene, è chiaro che le condizioni idrografiche del paese sono mutate; ma dagli argomenti surriferiti non risulta che la causa di questi mutamenti debba ripetersi da un bradisismo e non piuttosto dal lento innalzarsi del letto della *Senna* per effetto della sedimentazione.

Golfo Normanno-brettone. — L'abate Manet, in una memoria che, a' suoi tempi, levò molto rumore (1) volle dimostrare che i territori sommersi attorno al *Mont-Saint-Michel,* furono ingoiati dal mare durante una marea straordinaria avvenuta nel 709, come già da molti si andava ripetendo, sulla fede di una oscura tradizione popolare. Posteriormente, Genée recò un nuovo contributo alla storia delle vicende subite dal litorale normanno-brettone e, senza tentare di rintracciarne le cause, respinse, tuttavia, recisamente, l'interpretazione adottata dal Manet (2), della quale il Chèvremont provò di poi l'insussistenza, sia dal punto di vista idrografico, sia dallo storico. Hanno poi contribuito ad accrescere e a divulgare le notizie concernenti gli avvallamenti e i sollevamenti subiti da questa parte della Francia: Durocher, de Geslin de Bourgogne, Lainé, Hamard, de Gerville, Bourlot, D'Ault du Mesnil, Debray, Delesse, Girard e specialmente Quénault, Texier, e l'ing. Peacock. Finalmente, poco fa, il sig. Alexandre Chèvremont raccoglieva i documenti già noti in proposito ed altri nuovi in un'opera che conseguiva una ricompensa ben meritata dall'Accademia delle Scienze di Parigi.

Il monastero di *Mont-Saint-Michel* fu edificato sopra un promontorio che allora era vestito di folte boscaglie. Secondo gli annali dell'abazia, nel 709, il mare coprì la

(1) *Mémoire sur l'état ancien et l'état actuel de la baie du Mont-Saint-Michel,* S.t Malo 1828.

(2) *Mes Marais,* S.t Malo 1867.

lingua di terra che collegava il promontorio al continente ed ora esso è convertito in isola. Il sig. Quenault pubblicò importanti documenti, da cui risulta che il *Cotentin,* le isole *Jersey* e *d'Aurigny,* le isole *Chaussey* e gli scogli della baia di *Granville* formavano nei tempi storici più remoti un solo territorio, il quale era coperto da una densa foresta denominata *Koquelinde,* a mezzogiorno, e *Scissey* (*Setiacum nemus*), da *Granville* al capo de la *Hogue.*

I titoli posseduti dalla chiesa di *Coutance* accertano in modo irrefragabile l'antica unione di *Jersey* alla terraferma; unione che si manteneva ancora, secondo alcuni fino al 565, secondo altri fino al 670 dell'era volgare. Si trovò, fra gli altri, un documento che attesta come gli abitanti di *Jersey* fossero tenuti a fornire una tavola all'arcidiacono della chiesa madre, perchè potesse attraversare il ruscello che divideva le due terre, allorquando si recava nell'isola per adempiervi agli uffici del suo ministero ([1]). Piuttostochè di un ruscello, si trattava, scrive Chèvremont, di qualche piccolo burrone formatosi nell'istmo per erosione del mare. Un'antica carta del 1406 ([2]), ristaurata nel 1714 da Deschamps-Vadeville, dimostra i mutamenti avvenuti in quella regione da oltre 4 secoli e mezzo. Il « *Guide de l'étranger a Coutance,* di Quenault (Coutance, senza data) » contiene una riproduzione della carta di Deschamps-Vadeville, nella quale si vedono le isole *d'Aurigny,* di *Jersey* e il piccolo gruppo delle *Chaussey,* uniti al continente sotto forma di penisole; *Guernesey* apparisce assai maggiore che non attualmente; gli scogli dei *Minquiers* formano un'isola. Sulla spiaggia di *Saint-Michel-en-Grève* si trovano ancora durante

([1]) Chèvremont, *Op. cit.*, p. 411.

([2]) Dal complesso di vocaboli latini, scandinavi, celti e celtizzati inscritti in questo documento, si arguisce che la redazione primitiva di esso risalga ad epoca assai più remota, forse al IX secolo.

le basse acque i tronchi d'albero dell'antica foresta travolti dal mare. Secondo il signor Girard, la circostanza che da quella riva si estraggono di continuo materiali in copia per servire ad uso di emendamenti può aver agevolato l'erosione. D'altra parte, egli osserva che certi depositi di ciottoli misti a terra, visibili nelle trincee, lungo la strada maestra, accennerebbero a qualche locale e temporario sollevamento della costa; ma si tratta forse di un fenomeno anteriore alla depressione. Vi son qui, ad ogni modo, dubbi da chiarire e per conseguenza nuove ricerche da farsi.

Secondo le più recenti indagini, la depressione del suolo vegetale a *Jersey* e *Guernesey* sarebbe stata, in 500 a 600 anni, di 14 a 15 m. (Quenault).

« Se l'avvallamento continua nella stessa proporzione, scrive Quenault (cioè in ragione di circa 2 m. per secolo), in dieci secoli il suolo si sarà abbassato di 20 m., il *Cotentin* dallo stato di penisola sarà passato a quello d'isola; tutti i porti della *Manica* e dell'Oceano saranno distrutti. Qualche secolo più tardi *Parigi* sarà divenuta città marittima, aspettando che sia sommersa fra una ventina di secoli. Altrettanto può dirsi di tutte le città il cui suolo non supera di 40 m. il livello del mare (1) ».

Chèvremont, tuttavolta, reputa esagerati sì tristi pronostici; egli crede che se i disastri previsti si verificheranno, ciò non avverrà che in un'epoca sette volte più remota (2).

Brettagna. — De la Fruglaye scoprì, fin dal 1812, una foresta sommersa, mirabilmente conservata, presso *Morlaix;* ma la descrizione che egli ne fece rimase inedita fino al 1826, nel qual anno il colonnello Penhouet richiamò l'attenzione dei suoi concittadini sui movimenti cui va

(1) *Les mouvements de la mer,* Coutances, p. 58.
(2) *Les mouvements du sol,* Paris 1882, p. 52.

soggetto il suolo della *Brettagna*. Nella baia di *Cancale,* de Quatrefages ebbe ad osservare vestigia di foreste sotto il livello della bassa marea. Fra *Saint Malo* in *Brettagna* e l'isola *Cézembre,* ora distante da terra 8 chilometri, nel XV secolo pascolavano ancora gli armenti. Nelle baie di *Morlaix* e *S.' Brieuc* si rinvengono da quando a quando avanzi di una foresta sommersa. Tuttavolta, si vuole che presso *S.' Brieuc* si manifestino le traccie d'un movimento ascendente, di cui non saprei dire se dipenda da un fatto regionale o locale.

A breve distanza da questo punto, una osservazione dovuta al signor Daubrée accenna ad un sollevamento, il quale o precedette la depressione generale di cui si sono addotte prove sì numerose o si produsse solo localmente. Si tratta di un deposito di conchiglie marine, in buon stato di conservazione (in cui si mantengono ancora i colori), situato a m. 2,50 sopra l'alta marea a *S.' Servan,* dicontro a *S.' Malo* (*Ile-et-Vilaine*).

Il quadro seguente, compilato dal sig. Chèvremont, reca i risultati degli scandagli eseguiti nel 1876, nella palude di *Dol,* sotto la direzione dell'ing. Mazelier e l'interpretazione di questi risultati in ordine alle vicende fisiche e climatologiche subite da quella contrada ([1]).

([1]) Chèvremont, *Les mouvements du sol,* Paris 1882, p. 280.

Quadro cronologico dei terreni della palude di Dol secondo Chèvremont.

N° des couches 1	Régime 2	Nature des couches 3	Époques géologiques qui y correspondent 4	Phases des oscillations 5	Interprétations proposées 6	Cotes de hauteur 7	Épaisseur 8	Hauteur par périodes 9
17.		Schiste en formation (un peu tendre)	ÉPOQUE PRÉGLACIAIRE Tertiaire : pliocène inf.	Émersion.	Les schistes cambriens sont à découvert, Climat tempéré chaud.	12m 96		
16.	fluviatile.	Argile noire tourbeuse.	1.re ÉPOQUE GLACIAIRE. Tertiaire : pliocène moyen.	Émersion.	Chaleur décroissante, climat humide; premières tourbes.	12,69	0m. 29	Alluvions fluviatiles : 3m. 44
15.		Gravier de schiste et quartz, mêlé de sable gris.	ÉPOQUE INTERGLACIAIRE. Tertiaire : pliocène supérieur.	Émersion.	Retour de la chaleur; diluvium gris; le bassin de Dol se comble.	10,10	2,59	
14.		Argile mélangée de tourbe. avec grav. de sch. et de quartz.	MÊME ÉPOQUE Tertiaire (fin du) et quaternaire inférieur.	Émersion.	Oscillations du climat. Derniers lits de déjection. Le sol commence à s'affaisser.	9,54	0,56	
13.		Argile bleue mélangée de tourbe.	2.me ÉPOQUE GLACIAIRE. Quaternaire moyen.	Immersion.	Reprise du froid; progrès de la mer: conflit des eaux douces et des eaux salées.	9,14	0,40	
12.		Tangue molle. (très fluide)	MÊME ÉPOQUE. Quaternaire moyen.	Immersion.	Le bassin de Dol en communication avec la Rance; veines liquides dans la tangue.	5,37	3,77	Dépôts marins : 9m. 89
11.	marin.	Tangue verdâtre argileuse.	MÊME ÉPOQUE. Quaternaire moyen.	Immersion.	Détente du froid; diluvium rouge du bassin de Paris; matières végétales.	3,27	2,10	
10.		Tangue grise.	MÊME ÉPOQUE. Quaternaire moyen.	Immersion.	Régime marin normal: la baie de Dol est en entier sous le eaux.	1.05	2,22	
9.		Tangue grise mélangée d'argile tendre.	MÊME ÉPOQUE. Quaternaire moyen.	Immersion.	Renversement de l'oscillation du sol, boues fluvio-marines.	0,35	1,40	
8.		Tourbe.	ÉPOQUE POSTGLACIAIRE. Quaternaire supérieur.	Émersion.	Les eaux salées ont quitté le bassin; la tourbe en prend possession.	1,68	1,33	
7.	fluviatile.	Argile, mélangée de tourbe.	MÊME ÉPOQUE. Quaternaire supérieur,	Émersion.	Colmatage de la tourbe : pluies abondantes; le climat se détériore.	3,04	1,36	Formations fluviatiles : 3m. 66
6.		Tourbe.	MÊME ÉPOQUE. Quaternaire supérieur,	Émersion.	Flore des chênes, forêt de Scissey dans le fond du golfe normo-breton.	3,62	0,58	
5.		Bois de chêne.	MÊME ÉPOQUE. Quaternaire supérieur,	Émersion.	L'oscillation du sol commence à se renverser; approche de la mer, chute progressive de la forêt.	4,01	0,39	
4.		Tangue bleue.	ÉPOQUE ACTUELLE. Actuelle inférieure.	Immersion.	Retour de la mer; tangue fine; aucune trace de violence.	4,40	0,39	
3.		Tangue, mélangée de tourbe.	MÊME ÉPOQUE. Actuelle inférieure.	Immersion.	Ravinement des nouvelles plages; débris de tourbe.	5,38	0,98	Dépôts marins : 2m. 80
2.	marin.	Tangue, mélangée d'argile.	MÊME ÉPOQUE. Actuelle inférieure.	Immersion.	Boues d'estuaire.	5,84	0,46	
1.		Terre végétale.	MÊME ÉPOQUE. Actuelle supérieure.	Immersion.	Intervention de l'homme; formation et régime des polders.	6,38	0,54	
0.		Atmosphère.	MÊME ÉPOQUE. Actuelle supérieure.	Immersion.	Tranche d'air: différence de la ligne des hautes mers et de la surface du polder.	6,90	0,52	
						"	19m 83	19m. 88

Per Chèvremont, il bacino di *Dol* ha obbedito in modo più o meno sensibile alle oscillazioni subite, non solo dalla Francia settentrionale, ma ancora da tutto il nord-ovest d'Europa e particolarmente dalla costa orientale dell'Inghilterra, dopo il miocene. Rialzamenti e depressioni si produssero con lentezza, senza scosse; la selva del golfo normanno-brettone fu grado grado distrutta a misura che il mare si avanzava; ma, prima del suo contatto col mare, il suolo di essa era già eroso dalle acque dolci, le quali, per effetto dell'avvallamento, si evadevano sempre più difficilmente. La prima epoca glaciale si sarebbe prodotta nel corso di un movimento ascendente del suolo, la seconda, durante un movimento discendente. Il complesso delle formazioni della seconda epoca glaciale, nella parte media della palude, raggiungerebbe m. 9, 89; la depressione, incominciata fin dai primordi del periodo geologico odierno, misurerebbe, nel bacino di *Dol,* m. 6, 55, vale a dire la somma delle potenze raggiunte dai depositi fluviatili post-glaciali (m. 3, 66) e dai sedimenti marini (m. 2, 89) moderni, depositatisi fino ad oggi.

A tutte queste conclusioni non esiterei a sottoscrivere, come ad ipotesi assai legittime e verosimili, se il signor Chèvremont non ammettesse il supposto di due epoche glaciali, la prima delle quali, la più antica, sarebbe rappresentata da sedimenti interposti fra quelli del pliocene inferiore e del pliocene superiore.

Ammessa pure con molti autorevoli geologi la doppia fase glaciale, nessuna considerazione stratigrafica e paleontologica ci può far supporre che la prima debba esser compresa nel pliocene propriamente detto. Nell'Europa meridionale le formazioni comprese fra il messiniano e il saariano della nomenclatura odierna (il pliocene propriamente detto) sono ben sviluppate ed accennano ad un periodo di lento sollevamento e di raffreddamento progressivo.

I rapporti di commistione che taluno credette di riscontrare in *Lombardia* fra l'astiano e il glaciale (¹), come fu dimostrato da Mayer e Sordelli, dipendono da rimaneggiamento, non da concomitanza di fenomeni (²).

Al di sopra delle caverne scavate dai marosi sotto *Étables* e *Binic,* superiormente al livello delle più alte máree, Henos segnala fori praticati dalle foladi. Oltre a ciò, si osservano sulle rive ammassi di antiche ghiaie marine ad un' altezza che il mare non può più raggiungere. L'innalzamento si estende a quanto pare ai dintorni di *Roscof,* il cui territorio ciottoloso presenta l'aspetto di un fondo emerso.

Intanto, a *Lesneven,* secondo de Fourcy, e di contro a *S.t Gildas de Rhuys,* al nord del capo *Finistère,* si trovano tronchi d'albero sommersi (Chèvremont); altri, betule e tassi, furono osservati da Delavaud all' imboccatura della rada di *Brest,* nel punto detto *S.t Anne,* e da Le Men al capo *S.t Mathieu* ed altri ancora, dal canonico Derie, all' isola d'*Ouessant.*

Le osservazioni mareografiche istituite per lunga serie d'anni da Bouquet de la Grye, osservazioni nelle quali si tenne conto delle più lievi cause d'errore, condussero questo idrografo ad ammettere a *Brest* uno spostamento dal basso all' alto della terra emersa, rispetto al mare, di un millimetro all' anno (³). A tal movimento si deve forse attribuire la formazione dell' istmo che congiunge la penisola di *Quiberon* alla terraferma.

A mezzogiorno di *Brest,* l'avvallamento ripiglia il suo dominio per grande estensione, di che si hanno prove molteplici d'ordine storico e d'ordine geologico.

Una tradizione locale assai accreditata vuole che nel

(¹) Stoppani, *Il mare glaciale ai piedi delle Alpi,* Milano 1874. — Desor, *Le paysage morainique,* Neufchâtel 1875.

(²) Mayer, *Bull. de la Soc. géol. de France,* 3.me ser., IV, 1876.

(³) *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences,* 1882, 2.me sem., p. 281.

fondo della baia di *Douarnenez* giacciano le rovine del l'antica città di *Ys,* inghiottita dal mare nel IV secolo e nel V; alcuni fatti riferiti dal signor Lerebours dimostrano che siffatta credenza non è destituita di fondamento, perciocchè antiche strade convergenti verso una metà ignota finiscono ad un tratto alla riva della baia; alla estremità del capo de la *Chèvre,* si riconobbero in fondo al mare vestigia di abitazioni.

A settentrione dell' isola *des Glenans,* vedesi un bosco sommerso, il quale si continua con altro che tuttora vegeta sulla costa vicina. Procedendo lungo le coste del *Morbihan,* si ripetono fatti simili a quelli già registrati.

I signori *Arrondeau* e *Closmadeuc* osservarono presso un isolotto granitico, all'imboccatura del golfo del *Morbihan,* dei monumenti druidici sommersi, e ivi la misura dell'avvallamento è stimata di 5 metri. Intanto, al *Treguier* e nella stessa baia del *Morbihan,* certi solchi orizzontali presentati dalle rupi attestano che il mare giunse, in quel punto, ad un livello medio più elevato che non attualmente. L'isola di *Noirmoutier* è segnata nelle antiche carte idrografiche della *Vandea* come unita alla terraferma, e taluni degli isolotti che la circondano, come il *Pilier,* vi appariscono sotto forma di penisole (Paoli). Essa partecipa anche presentemente al movimento generale della costa, talchè i suoi abitanti son costretti a difendere il loro territorio contro le invasioni del mare per mezzo di opere murarie. D' altra parte, per effetto di materiali accumulati dalle correnti, l'isola è di nuovo collegata al continente da un istmo che rimane scoperto ad ogni bassa marea. Si vuole che depositi consimili si formino attorno all'isola *Bouin,* nella quale il comune di *Bourgneuf* acquistò in un secolo 500 ettari, di superficie (1).

(1) F. Pict, *Recherches sur l'île de Noirmoutier.*

Nell' isola d' *Yeu* certe fortificazioni erette originariamente nell' interno si trovano ora situate, mercè l' inoltrarsi del mare, ben presso alla costa.

Il signor Bertrand crede che il territorio di *Saint Nazaire*, alla foce della *Loira*, fossé nei tempi preistorici una baia sparsa d' isole. La foce del *Brivet* si trovava allora nella località di *Penhouet* e il fondo della baia era a 4 metri al disotto dell' attuale livello delle basse acque. Nel terzo secolo della nostra era, l' ansa di *Penhouet* (*Brivates ortus*) serviva ad uso di porto; ma, verso il 700, divenne impraticabile, perchè le acque del *Brivet* deviarono per metter foce a *Meant*, a 2 chilometri di distanza (1). *Le Croisic* e il porto di *Batz* che ora fanno corpo col lido della Brettagna, furono già isole.

Qual parte, in questi fatti, spetti ai bradisismi e quale all' azione delle correnti e dei depositi marini non saprei decidere.

Poitou, Saintonge. — Alcune importanti osservazioni che andrò sommariamente esponendo attestano che oltre la *Vandea*, l' *Aunis* e la *Saintonge* si trovano sotto il regime di un bradisismo ascendente.

Il seno dell' *Aiguillon* è indubbiamente il residuo del golfo del *Poitou* che penetrava fino a *Niort Luçon* e *Courçon* e che ai tempi di Cesare misurava non meno di dieci leghe di larghezza. È lecito supporre che un sollevamento del fondo abbia contribuito al prosciugamento di questo ampio bacino, ma certo vi presero larga parte le alluvioni marine e sopratutto quelle della *Sèvre Niortaise*, della *Vendée* e del *Lay*.

L' ipotesi del sollevamento è confermata dal fatto che sui litorali della *Rochelle*, di *Angoulin*, di *Chatellaillon* si trovano ammassi di ciottoli e depositi conchigliferi re-

(1) *Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 9 Avril 1877.

centemente abbandonati dal mare. All'est di ***Marans,*** s'incontrano conchiglie marine ad una distanza di 40 chilometri dalla costa.

Anche certi cumuli d'ostriche che si trovano a *S. Michel-en-Lherme* e s'innalzano fino a 10 metri sul livello del mare, furono addotti a prova del sollevamento; ma, secondo l'opinione di de Quatrefages, alla formazione di questi cumuli non sarebbe stata estranea la mano dell'uomo; uno di essi avrebbe l'aspetto di una sorta di gettata artificiale.

Procedendo verso mezzogiorno, le prove del movimento si fanno sempre più stringenti:

La profondità della *Charente* è in costante diminuzione tra il mare e *Rochefort.* In quest'ultimo porto gli scali di carenaggio son sempre più scarsi d'acqua; dal regno di Luigi XIV fino ad ora hanno perduto circa un metro di profondità. Gli abitanti alludono a questo fatto dicendo la *banche pousse* (1).

Sotto Richelieu, *Brouage* era porto di mare, ora agli anelli destinati ad ormeggiare le navi si legano bestie da soma; pel ritirarsi del mare, le antiche saline divennero improduttive e si convertirono in fomite di miasmi.

Guascogna. — Se ci innoltriamo colle nostre investigazioni fino alla foce della *Gironda,* ci si affaccia qui un nuovo esempio di avvallamento. In 90 anni la punta di *Graves* ha perduto 1200 metri di lunghezza; secondo le carte topografiche del 1774, la linea delle alte acque si arrestava a 950 metri dalla chiesa di *Soulac,* nel 1865 giungeva a soli 560 metri da questo punto. Il regime del fiume ha subito, per effetto della medesima causa, mutamenti ragguardevoli; la sua foce si è allargata verso *Royan,* si è formata una nuova barra e il banco detto di *Platin,* sulla riva opposta, ha acquistato maggior estensione.

(1) Tissot, *Opera cit.*, p. 23.

Sempre in virtù dello stesso movimento, l'abazia di *Saint Nicolas de Graves*, fondata nel 1092, la chiesa di *Cordouan* e il monastero di *Soulac*, edificato sotto Carlo il Calvo, sono scomparsi tra i flutti. Lo scoglio di *Cordouan*, che è ora discosto 7 chilometri dal continente, in tempi storici faceva corpo con esso.

Delfortrie, presidente della Società Linneana di Bordeaux, ha dimostrato in una recente memoria che le coste della *Vandea* e della *Gironda* si sono avvallate di 3 m. circa in un secolo. Il faro di *Cordouan*, costruito nel 1789, aveva allora 63 m. d'altezza sopra l'alta marea, come risulta dai documenti relativi conservati negli archivi; ora, secondo le misure del sig. Delfortrie, non ne ha più che 60.

Non si può affermare che le oscillazioni del suolo sieno state l'unica causa di tutti i fenomeni precitati, ma certo vi ebbero la parte principale.

Lo stesso deve dirsi dei mutamenti avvenuti di recente nella baia d'*Arcachon*, i quali, da alcuni sono attribuiti all'adimarsi del fondo, da altri all'erosione, e più probabilmente provengono dall' una e dall' altra causa.

Ad onta del parere emesso in contrario dal sig. Lafon, non si può dubitare che il bacino d' *Arcachon*, almeno in alcuni punti, si deprima, e vale a dimostrarlo il fatto del forte *Cartin*, disceso grado grado sotto il livello del mare fin dal 1790.

Altri cambiamenti della stessa regione non sono connessi, almeno direttamente, colle oscillazioni del suolo. Il *Medoc*, territorio situato a mezzogiorno della *Gironda*, in riva al mare, figura nelle carte del XVI secolo come una isola, perchè a mezzogiorno era limitato da un ramo di quel fiume ora abbandonato.

Il movimento discendente segnalato tra la foce della *Gironda* e *Arcachon* si estende ancora a mezzogiorno fino

al litorale spagnuolo. La baia di *Saint Jean de Luz*, assai sicura nel medio evo, è divenuta pericolosa, dacchè le scogliere che la difendevano si sono in gran parte sprofondate. Il mare, inoltre, ha distrutto in 150 anni parte della città omonima, malgrado le dighe erette per proteggerla (¹); nel secolo scorso si avanzava di 140 metri, nel 1873 esso penetrava nella via maggiore e si frangeva sulle mura delle sue case; dopo soli 6 anni erano scomparsi ancora 15 metri di spiaggia. Altre volte vi era in *Saint Jean de Luz* un convento di Benedettini, di cui non sussistono più che ruderi quasi del tutto sommersi; da questi s'innalzano ancora sopra le acque due pozzi, la cui muratura ha resistito all' urto delle onde.

Penisola ispanica. — Hahn ravvisa nella costa spagnuola, fra la *Bidassoa* e il *Capo Ortegal*, i caratteri dei lidi che si avvallano; cioè baie profondamente insenate, nelle quali non sempre sboccano fiumi, prominenze dentellate, ben distinte dalle penisole di sollevamento (che sono isole costiere congiunte alla terraferma) per essere strettamente collegate alle catene montuose del litorale. Ma più che da tali apparenze, bene spesso fallaci, il fatto della depressione si argomenta dalle foreste sommerse segnalate da Forshhammer e Maak (²) e dall'avvallamento evidentissimo della riva francese del golfo di *Biscaglia*.

È probabile che al medesimo regime sia soggetta anche la costa occidentale della Spagna, quel tratto, cioè, che si estende dal *Capo Ortegal* al confine portoghese e comprende le profonde baie del *Ferrol*, di *Coruna*, *Muros y Noya*, *Pontevedra* e *Vigo*.

Già citai per incidenza (pag. 46) il fatto degli abitanti

(¹) *Mémoires de l'Académie des Sciences* 1.er Juin 1874.

(²) *Zeitschrift für allg. Erdkunde*, N. F., Bd. I, p. 477 e Bd. XII, p. 11 (cit. di Hahn).

di *Villar Don Diego* (provincia di *Zamora*) ai quali, nel 1870, fu possibile di vedere, da un punto del loro villaggio, metà del campanile di *Benifarzes* (provincia di *Valladolid*), di cui nel 1847 vedevano solo una estremità. Similmente, ai terrazzani di *Salvatierra*, nella provincia d'*Aliva*, apparisce ora l'intero villaggio di *Salduende*, che anni sono rimaneva loro nascosto da una piega del terreno (1). Nel render conto di questi fenomeni, il redattore del *Cosmos* li attribuisce ad un lento sollevamento del suolo, manifestatosi sopra un esteso tratto di paese; ma, ch'io sappia, mancano argomenti per adottare una interpretazione qualsiasi.

Il Portogallo invece, non saprei dire fino a qual punto, verso il nord, si crede animato da un movimento in senso inverso.

Da parecchi autori si riferisce che di contro al cantiere navale di *Seixal*, presso *Lisbona*, venne poco a poco a mancare la profondità d'acqua necessaria per varar le navi; ma in proposito mancano più precisi particolari.

Fra *Trafalgar* e *Cadice*, s'incontra il forte di *Sancti Petri* che riposa sopra un terreno quaternario, superficialmente coperto di terra ocracea rossa. A *Cadice* stessa, sopra una formazione terziaria superiore, al limitare della medesima, vi ha un banco di grosse ostriche (*Ostrea edulis*), sul quale si adagia un deposito di *grès*, con grossi ciottoli che grado grado aumentano di volume, in guisa da formare una puddinga; sopra questa trovasi infine un altro deposito arenaceo che rappresenta, secondo Lamarmora, la vera panchina livornese e passa superficialmente alla solita terra rossa (2).

A *Tarifa*, il solito *grès* riposa in stratificazioni discordanti sul terreno terziario. La medesima sovrapposizione è

(1) *Le Cosmos* (giornale), 6 Août 1870.

(2) *Voyage en Sardaigne*, troisième partie, tome I, Turin 1857, p. 371.

visibile al *Capo Trafalgar* e segnatamente appiè della torre di questo nome. Ivi, le stratificazioni quaternarie sono anche discordanti tra loro.

Lo scoglio di *Gibilterra* è una vera penisola di sollevamento, secondo il significato attribuito da Hahn a questa espressione; inoltre, presenta, in ordine alle traccie di recenti movimenti del suolo, i fatti seguenti:

Nel punto denominato *La Caletta* o *Catalan Bay,* il versante del monte, costituito di calcare giurassico, è coperto di stratificazioni di *grès* quaternari e di arene giallastre. Queste furono spinte dai venti fino a tre quarti dell'altezza totale del monte, a piè del semaforo. Presso il mare, sulla parete della roccia giurassica, alla quale sono addossate le sabbie, si osserva un solco orizzontale dovuto alla erosione praticata dal mare. Un altro solco simile si trova più vicino alla fortezza, di contro a *Torre del Greco,* nella roccia tagliata a picco e la sua altitudine è di circa 10 metri (*fig.* 13).



Fig. 13.
Torre del Greco, presso *Gibilterra* (Lamarmora).
s. solco scavato dal mare — *l.* livello del mare.

L'arenaria quaternaria si ritrova, nell'isola di *Minorca,* presso *Ciutadela,* in strati discordanti col terziario sottoposto. Altri piccoli lembi se ne incontrano, nell'interno, presso *Mercadal* e nel punto detto *I Fornelli* [1]. A *Majorca* si osserva la medesima formazione presso *Alcudia,*

[1] Lamarmora, *Observations géologiques sur les deux îles Baléares, Memorie della R. Accad. delle Scienze di Torino,* tomo XXXVIII, 1835.

sopra terreni secondari assai sconvolti e qui gli strati non sono uniformi e s'immergono verso l'interno dell'isola. Essa è colà sviluppatissima e in alcuni punti, per esempio alla costa, verso *Palma*, consiste, come a *Livorno*, di granuli calcarei, agglutinati da un cemento calcareo-argilloso, giallastro o rossastro; ora è priva di fossili, ora invece può dirsi risultare principalmente di conchiglie.

Verso il S. E. di *Palma*, l'arenaria forma una piccola punta che raggiunge fin 10 metri d'altezza (1). Haime segnala in questo terreno le seguenti specie di fossili (2): *Strombus Mediterraneus*, Ducl., *Conus Mediterraneus*, Brug., *Murex trunculus*, Lin., *Arca Noae*, Lin., *A. barbata*, Lin., *Mactra corallina*, Lin., *Venus gallina*, Chemn., *Cardium rusticum*, Lam., *Cardita calyculata*, Brug., *Chama gryphoides*, Lam., *Pectunculus violacescens*, Lam., *Vermetus triqueter*, Bivon.

A quanto ne riferisce il Paoli, presso *Valenza*, nelle vicinanze del capo di *Tortosa*, a *Badalona*, a *Blanes*, il litorale spagnuolo è in continuo progresso; ma s'ignora se alcun movimento del suolo concorra a produrre questo fenomeno.

Provenza. — Fra il confine spagnuolo e la foce del *Rodano* si vuole che le spiaggie progressivamente si avanzino sul mare.

Le foci del *Rodano*, che furono sede di grandiosi mutamenti topografici nel corso dei tempi storici, anche al presente continuamente si trasformano in virtù della sedimentazione molto più che per opera dei bradisismi. Si calcola che, dalla battaglia d'*Aix* in poi, il fiume abbia portato in mare una massa di depositi di 41 miliardi e 517 milioni di metri cubi. Questi materiali contribuirono ad

(1) Lamarmora, *Observ. géol.* etc., p. 58-59.
(2) *Bulletin de la Société géologique de France*, tome XII, p. 734.

accrescere grandemente la terra emersa a spese delle acque; un golfo profondo, che altra volta doveva raggiungere la confluenza del *Rodano* colla *Duranza,* fu colmato e sostituito da una vasta pianura. Gli stagni e le paludi compresi nel delta del fiume presentano profondità sempre decrescenti e, evidentemente, sono destinati a scomparire.

Che la *Provenza* abbia subito un movimento ascendente dopo il pliocene, lo dimostrano i lembi di formazioni recenti che si presentano in qualche punto lungo le sue coste, e le prove che di questo movimento forniscono il *Nizzardo* e la *Liguria,* ma non perciò si deve ammettere che il sollevamento si sia verificato anche in tempi storici e si continui nell' attualità.

Uno degli argomenti addotti a favore di questa ipotesi si è l'imbarco di S. Luigi per *Tunisi,* ad *Aigue-Morte,* che ora è assai lontana dal mare; ma ciò non prova nulla. Inoltre, risulterebbe da documenti storici testè messi in luce, che l'imbarco avvenne non già in riva di mare aperto, sibbene sopra un canale denominato *Canal Royal* (1). Qui come in molti punti sulle rive del Mediterraneo si hanno invece segni di un avvallamento avvenuto dopo il dominio romano (2).

Sotto le alluvioni più superficiali del *Rodano,* si trovarono recentemente, presso *Arles,* resti d'abitazioni e tombe nelle vicinanze di un' antica riva del mare; questi avanzi giacevano a 15 o 20 m. sotto il livello marinò (3).

Anche Gensane afferma, secondo Paoli (4), che sulle coste della *Provenza* molti ruderi di antiche costruzioni

(1) Charle Martins, *Bull. de la Soc. de Géographie,* Février 1875 — Girard, *Les côtes de France,* Paris 1881, p. 164.

(2) Quenault, *Mémoire sur les envahissements de la mer,* Caen 1880.

(3) *Compte-rendu du Congrès archéol. tenu a Arles par la Soc. Franc. en 1876* (citaz. di Quenault).

(4) *Opera cit.,* p. 42.

sono ora superate dalle acque marine. Nel fondo dello stagno di *Thau,* per esempio, si sarebbero scoperti avanzi di mura che limitavano altra volta un canale navigabile.

Taluno ravvisa traccie di recente sollevamento presso la città di *Narbonne*, la quale si trovava, secondo antichi documenti storici, in riva d'un lago assai esteso che comunicava col mare. Gli stagni attuali di *Capestang, Sijean, Gruissan, Vendres,* sembrano risultare dal parziale prosciugamento di quel lago. Gli storici attribuiscono il ritirarsi del mare e il restringersi del lago ai depositi dell'*Aude;* Scipion Gras combatte con copia d'argomenti questa interpretazione ed espone i motivi pei quali crede che si tratti di un sollevamento (¹).

I progressi del mare lungo il lido della *Provenza* furono avvertiti, fin dal XVII secolo, a *Marsiglia,* ove il consiglio di quel comune si preoccupava di salvare da imminente distruzione certe mura seriamente minacciate. Grosson segnalava nel 1770 l'invasione del mare dalla parte della *Major.* Certe strade, situate fra questo punto e il mare, il cui nome figura negli antichi libri della cattedrale, non si trovano più nelle piante del XVIII secolo. Le mura che difendevano il seno dell' *Ourse* furono spostate parecchie volte fra il 1381 e il 1431, perchè battute in breccia dalle onde. I massi di puddinga che sostenevano la torre della *Vieille Boucherie* furono poco a poco demoliti ed asportati. Verso il nord, lungo la spiaggia di *Séon,* vasti tratti di terreno andarono sommersi, e con essi scomparvero varie strade che conducevano da *Marsiglia* a *Martigue.* Le punte dette della *Testa di Moro* e del *Faro* e tutta la costa a mezzogiorno, fino al capo d'*Endoume,* pagarono largo tributo alla violenza del mare.

Grosson riferisce che, a suoi tempi, nei giorni di calma

(¹) *Assainissement du littoral de la Corse.*

vedevansi, presso allo scoglio dell'*Estel* o dell'*Esteou*, vestigia di antichi edifizi ed uno fra gli altri in forma di pozzo, coperti dal mare. Anche i pescatori asseriscono d'aver veduto in quel fondo lembi di mura. Certo è che, durante una marea straordinaria verificatasi nel 1821, ritirandosi subitaneamente il mare a ponente della città, lasciò allo scoperto per brevi momenti resti di vetuste costruzioni, e dicesi persino intere muraglie.

Da taluno questa depressione del suolo si attribuisce ad un terremoto avvenuto il 21 Luglio 365; ma è una congettura destituita di prove e il sig. E. Rouby che fece sì profonde ricerche sulla topografia dell'antica *Marsiglia* e del suo territorio recisamente la respinge.

Secondo un calcolo approssimativo istituito dal sig. Martin, fin dal 1808, dalla parte del seno dell'*Ourse*, il mare avrebbe guadagnato m. 230 in 1800 anni (¹).

Procedendo verso levante, ci si presentano nel golfo di *Lecques*, presso la *Ciotat*, i segni di un recente bradisismo (che forse ancora continua). Ivi, infatti, le rovine dell'antica *Tauroentum* o *Taurentum* sono parzialmente sommerse dal mare, sicura prova di depressione (²).

D'altra parte, si accerta che la spiaggia di *Cannes* abbia subito una recente emersione e di continuo si protenda; secondo un cenno verbale che debbo al luogotenente di vascello Rosellini, essa avrebbe guadagnato in 4 anni circa 1 metro di larghezza. Di contro a *Frejus*, si verifica a quanto pare il medesimo fatto, e il signor Texier avverte in proposito che sotto il dominio romano questa città possedeva un piccolo porto ed era situata sul mare, mentre ora essa ne dista di 1050 metri e continua ad al-

(¹) Le notizie che precedono intorno all'avvallamento del suolo di *Marsiglia* sono desunte dalla memoria di E. Rouby intitolata: *Le sol de Marseille au temps de Cesar, Bull. de la Société de Géogr.*, 6.me serie, tome VI, Paris 1873.

(²) *Revue des deux mondes*, 1.er Aôut, 1879.

Carta bradisismica d' Italia.



- Sollevamenti verificatisi in tempi storici
- Sollev. verificatisi in tempi preistorici
- Avvallamenti verificatisi in tempi storici
- Avvallam. verificatisi in tempi preistorici
- Sollev. ed avvallam. succedutisi a brevi intervalli
- Movimenti locali (?) prodottisi lungi dal mare
- Vulcani attivi
- Vulcani spenti e lave
- Soffioni
- Salse

lontanarsene in ragione di 2 piedi all' anno (1). Si tratta di bradisismo o d'interrimento? E dato il primo caso, il fenomeno si connette coi movimenti che si manifestano nel resto della *Provenza* o invece è indipendente?

Giura. — Il sig. Girardot si è occupato recentemente delle oscillazioni lente che si manifestano nel *Giura* (2).

Certi villaggi che non potevano scorgersi l'uno dall'altro al principio del secolo ed anche 30 o 40 anni fa, sono ora situati, secondo l'autore precitato, sulla medesima visuale. Si trovano in tal condizione rispettiva *Doucier* e *Marigny, Doucet* e la cascina di *Mounans.*

ITALIA.

Liguria. — Geograficamente, come etnologicamente, il *Nizzardo* costituisce una graduata transizione tra la *Provenza* e la *Liguria;* laonde il confine fra le regioni francese ed italiana riesce naturalmente mal definito. In via puramente convenzionale, comincerò l'enumerazione dei fatti concernenti i bradisismi sulle coste italiane da quelli osservati nella penisola di *Sant Ospizio,* presso *Nizza.*

Fin dal 1813, il naturalista nizzardo A. Risso segnalava nella penisola di *Sant Ospizio* (3) depositi marini quaternari, assai ricchi di fossili appartenenti a specie che per la massima parte vivono nel vicino mare. Si tratta di un calcare concrezionato che trovasi alla punta meridionale della penisola e di una sabbia (sottoposta ad un letto di terra vegetale e ad uno strato di ciottoli impastati con argilla rossastra) la quale si presenta a *Grosueil,* a 20 m.

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, I, 1832, p. 422.

(2) *Note sur les mouvements du sol qui se produisent actuellement dans le Jura, Memoires de la Soc. d'émul. du Doubs,* 1881.

(3) *Observations sur la presqu'ile de Saint Hospice aux environs de Nice, département des Alpes Maritimes, Journal des Mines,* N. 200, Paris 1813.

sul livello del mare e a 16 metri di distanza dalla riva (¹). I fossili raccolti da Risso tanto nella rena quanto nel calcare, sono conchiglie, polipai, anellidi ed echinodermi appartenenti in complesso ad un centinaio di specie, tra le quali alcune nuove. Riesce però ben difficile di rendersi un esatto conto di questa fauna fossile, essendo la nomenclatura di Risso scorretta ed antiquata (²) (*fig.* 14).



Fig. 14.
Formazione quaternaria della penisola di *Sant Ospizio* (Lamarmora).
a. arenaria — *l.* livello del mare.

Il deposito conchiglifero della baia di *S. Ospizio* fu anche descritto da Lamarmora (³), il quale ne diede inoltre una piccola sezione che rappresenta una serie di stratificazioni orizzontali, riposanti sopra una formazione nummulitica ripiegata e contorta. Un altro lembo quaternario simigliante fu osservato dallo stesso geologo all'ovest del piccolo istmo che congiunge la città di *Monaco* al litorale, nel punto detto le *Antiche Saline*. Esso consiste nella solita arenaria calcare con *Cardium, Trochus, Pectunculus, Astrea* di specie viventi che si adagia sopra una dolomia

(¹) Ho ritrovato nella località accennata da Risso una sabbia con minuti tritumi di conchiglie, ma non fossili suscettibili di determinazione. È probabile che il punto in cui furono raccolti sia ora coperto da costruzioni o giardini.

(²) Emilien Dumas, scrive Reclus, contesta il valore scientifico dei banchi conchigliferi precitati come prova di sollevamento. Peraltro egli crede evidente che la costa della *Liguria* sia stata coperta dal mare in tempi recenti e ne ravvisa la prova nelle grotte di *Mentone, Ventimiglia* e del *Capo Noli.*

(³) *Opera citata,* p. 347.

giurassica, a strati molto inclinati [1]. L'arenaria di cui si tratta fu adoperata come materiale da costruzione per edificare le opere di difesa della città di *Monaco*. D'altra parte, le antiche saline, da cui la località trae il suo nome, sono ora sommerse e Lamarmora ne vide distintamente gli avanzi sott'acqua. *Si tratta adunque di un caso di avvallamento posteriore ad un sollevamento.* Poco lunge, verso ponente, cioè nel seno di *Beaulieu,* si vedono sott'acqua certi ruderi, che appartengono probabilmente ad un antico porto. L'ingegner Juge, cui debbo questa indicazione, non crede però che sieno prova di avvallamento.

De Saussure osservò alla fine del secolo scorso, nelle rupi calcaree che si trovano lungo la via da *Mentone* a *Ventimiglia,* fori di litofagi a 20 piedi (circa 5 m.) sul livello del mare; ma non essendo eguali di forma a quelli praticati dalle foladi, immaginò che avessero un'origine affatto diversa, che provenissero cioè da noduli di pirite scomposti [2]. Egli ravvisò, tuttavolta, nelle caverne che si aprono a varie altezze lungo quel litorale, e specialmente ai *Balzi Rossi,* l'opera della erosione marina. In questa medesima località, C. Gaudin e M. Moggridge segnalarono a 8 metri e a 20 sul livello del mare simili perforazioni [3].

Seppi dal prof. G. Gentile di *Porto Maurizio* che, a due chilometri a ponente di questa città, lo scoglio sul quale è fondata la torre diroccata detta *Preiren* è forato dai litodomi fino a m. 2,70 circa sull'attuale livello medio

[1] Alcuni fossili di questa formazione donatimi dal prof. Giacomo Gentili e conservati nel R. Museo geologico e mineralogico di *Genova* appartengono alle specie seguenti: *Cerithium vulgatum,* Brug., *Turbo rugosus,* Lin., *Lima squamosa,* Lam., *Spondylus gaederopus,* Lin., *Arca barbata,* Lin., *Venus verrucosa,* Lin., *Cardium edule,* Lin.

[2] *Voyages dans les Alpes* etc., III, Neufchatel 1796.

[3] *Menton, notes geol., Bull. de la Soc. Vaud. des Sciences nat.,* n.° 52.

del mare. Egli m' informò parimente che si osservano simili perforazioni a m. 3, 59 sullo stesso livello ad un chilometro a levante di *Oneglia,* alla base della torre dei *Saraceni.*

Ad *Albenga,* città fondata sopra un piano alluviale ed acquitrinoso formato dal *Centa,* all' altezza di pochi metri sul mare, si trovano antichi edifizi, il cui pavimento è situato un poco al di sotto del suolo circostante; il battistero, fra gli altri, che risale, secondo lo storico G. Rossi, al VII secolo dell' era volgare, ha il proprio collocato a m. 2, 20 sotto il livello stradale ed è perciò umidissimo. Oltre a ciò, dalla poca altezza dei banchi di pietra che corrono lungo la parete interna del monumento, credo poter inferire che sotto al pavimento attuale ve ne fosse un altro più antico. Fuori della città, poco lunge verso levante, un bellissimo ponte romano in perfetto stato di conservazione, che data probabilmente dagli ultimi tempi dell' impero, presenta i suoi 10 archi interrati per una profondità che reputo non minore di 3 metri. Sotto il *Ponte Lungo,* così ha nome, passava il *Centa,* il quale, dopo aver grado grado rialzato il proprio letto, un bel giorno lo abbandonò e da un punto situato un po' a monte d'*Albenga,* si portò a ponente di questa città, ove scorre tuttora. Tanto nel ponte quanto nel battistero, io ravviso indizi di depressione; ma per accertare il fatto occorrerebbero una precisa livellazione ed alcuni scavi atti a scoprire i piloni del ponte.

Nel *Finalese*, il lido quaternario è rappresentato, se non sono in errore, da grandi ammassi di arene bianche silicee (poco diverse per composizione e grossezza dalle arene della spiaggia odierna), che penetrano fra le anfrattuosità della costa e salgono sulle alture fino a circa 80 m. con tutti i caratteri delle vere dune. Queste arene si vedono in qualche parte del capo di *Noli*, e principalmente a ponente di *Finalmarina,* nel punto denominato perciò *Arene Candide.*

Siccome i monti scendono al mare, in quei tratti della costa, con rapido pendio e non v' ha che una spiaggia angustissima, la quale per le vicende della marea e dei venti si copre e si scopre solo per piccolissima parte, mi sembra poco probabile che il vento abbia potuto trarre da essa i materiali della duna, e piuttosto presumo che questi fossero somministrati da una antica spiaggia emersa, situata un po' al di sopra del piano della via nazionale, allo stesso livello al quale, in altre parti della *Riviera*, più a levante, si trovano depositi di ghiaie e ciottoli marini. La mia supposizione è avvalorata da che nel territorio delle *Arene Candide* si aprono caverne d' erosione (per esempio quella di *Verezzi*) apppunto a quel livello (¹).

La vasta grotta che si apre in riva al mare presso *Bergegi* sembra scavata dal mare in un'epoca, durante la quale la costa era meno elevata che non al presente (²). Le sue pareti e la sua volta presentano infatti numerosi fori di litofagi (*Lithodomus lithophagus*) che raggiungono un' altezza di circa 6 metri sul pelo dell' acqua e lasciano supporre che le onde esercitassero l' azione loro erosiva ad altezza anche maggiore. Tali fori costituiscono come piccoli gruppi sparsi senza ordine e non presentano come quelli del porto di *Genova*, di cui accennerò più innanzi, una zona ben definita superiormente.

Questa grotta, esplorata diligentemente, or son due anni, dal sig. Modigliani, gli somministrò numerose reliquie preistoriche e specialmente cocci di stoviglie, con-

(¹) Questi cenni ed altri relativi alle antiche linee litorali della *Liguria* furono già inseriti in una nota comparsa nel *Bullettino della Società Geologica italiana*, fasc. II.

(²) La roccia in cui si trova la grotta è una piccola massa di calcari antichi (paleozoici?) interposti fra gli scisti talcosi di *Vado* e di *Noli*. Essa presenta strati irregolarmente raddrizzati, quasi verticali.

chiglie forate, utensili litici (accette di pietra verde e coltellini di piromaca) avanzi di pasti; oltre a ciò, parecchi scheletri umani, accanto a ciascuno dei quali si trovò la consueta suppellettile funeraria propria alle tombe della seconda età della pietra. Questi oggetti giacevano in una propaggine che sbocca nel lato S. O. della cavità principale, quasi a fior di terra, fra m. 2 e 2,50 sopra il livello marino.

Il suolo della caverna risulta prevalentemente di detriti di roccia, cementati da concrezioni calcarifere. Dal cunicolo che si protrae a monte, ove supera di circa 3 metri il livello marino, fino alla parte sommersa, esso declina irregolarmente e presenta una serie di gradini, dovuti alla parziale corrosione degli strati di cui si componeva. A breve distanza dalla riva, uno di questi strati che s'innalza di meno d'un metro sul pelo della basse acque, è di color bruno e presenta ossa spezzate dall'uomo e frammenti di carbone saldamente aggregati dalla stalagmite; si tratta di un vero strato archeologico, il quale, appena il mare sia un poco agitato, è dilavato ed eroso dalle onde; talchè da lungo tempo l'avrebbero distrutto se non fosse il calcare di cui è impregnato. È chiaro, pertanto, che se i materiali di cui risulta si fossero depositati nella posizione in cui ora si trovano, sarebbero stati dispersi. Non v'ha dubbio, adunque, che, dopo la sua emersione, quel tratto di litorale abbia subito un avvallamento, il quale, giudicandone dall'altitudine che presentemente raggiungono nella grotta le acque del mare, durante le maggiori traversie, non fu minore di 2 metri. Quanto all'epoca nella quale il suolo della caverna era di tanto più alto che non al presente, siccome fra i manufatti che accompagnavano taluno degli scheletri, e che probabilmente furono sepolti insieme a questi, v'erano frammenti di fittili e di vetri di fattura romana, stimo risalga ad una ventina di secoli;

non volendo con ciò determinare nè la misura secolare del bradisismo, nè il momento in cui ebbe principio.

Anche dalla posizione degli scheletri, i quali, quantunque situati assai più a riparo delle onde, di quel che non fosse il suddetto strato archeologico, si trovarono in parte guasti e sfatti dall' acqua marina, si deve argomentare che la grotta subì una sensibile depressione (*fig.* 15).

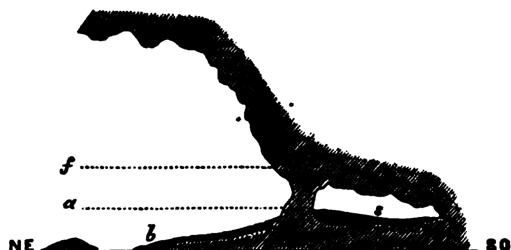


Fig. 15.

Sezione verticale della *Caverna di Bergegi.*

f. fori di litofagi
a. altezza alla quale giungono le onde
b. breccia ossifera.
s. punto in cui furono scoperti gli scheletri umani.

N. B. Il livello del mare corrisponde alla linea NE — SO.

A levante di *Cogoleto,* di contro alla *villa Durazzo,* si osserva un piccolo scoglio sporgente sul mare, tutto formato di breccia ofiolitica che riposa sopra un talcoscisto in strati contorti, visibile in qualche punto della spiaggia sottoposta. La breccia risulta di massi e frammenti di serpentina normale e porfirica (ve ne hanno di oltre un mezzo metro di lunghezza), di pezzi più piccoli di serpentina, di calcare e di talcoscisto (questo talora con quarzo), quali decisamente angolosi, quali arrotondati o ad angoli smussati. Non mancano anche minuzzoli delle medesime roccie. Il cemento è una sorta di detrito serpentinoso, talora di struttura arenacea, il quale per lo più è di color bigioverdastro e qualche volta apparisce invece rossiccio, a causa di un' alterazione subita. Al di sopra di questa breccia si osserva il deposito di ghiaie e ciottoli cui accennavo,

il quale, evidentemente, appartiene ad una antica spiaggia. Esso giace da 5 a 6 metri sul livello del mare ed ha in quel punto una spessezza non maggiore di 2 metri; a monte, cioè oltre la ferrovia e la via provinciale, vedesi a fianco di questa che il deposito di ciottoli era ed in parte è ricoperto ancora da un potente ammasso detritico, oscuramente stratificato, formato di terra rossiccia con frammenti angolosi di talcoscisto (¹).

Gli strati del deposito ciottoloso appariscono orizzontali nella testata che guarda il mare, ma in un taglio perpendicolare alla riva si vedono invece alquanto inclinati verso di essa. I ciottoli sono per la massima parte di serpentina, la quale, a causa di un'alterazione superficiale, divenne di color giallo chiaro, e la forma loro è generalmente ovoidea, allungata, più o meno compressa, coll'asse maggiore disposto per lo più parallelamente alla riva (*fig.* 16).

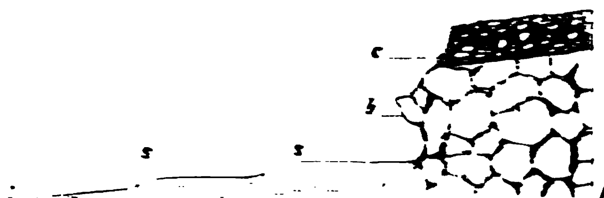


Fig. 16.

Spiaggia emersa di *Cogoleto*.

c. [illegible] quaternario — ss. spiaggia odierna
b. breccia ofiolitica — ll. livello del mare.

È degno di nota il fatto che, tanto il deposito ciottoloso quanto la breccia ofiolitica sottoposta, sono scoscesi e tagliati a picco ed anzi in qualche punto strapiombano, perchè corrosi alla base loro dai flutti, la cui azione distruttiva si esercita tuttora con grande energia ed è causa di una lenta, ma continua retrocessione di quel litorale.

(¹) Questo deposito detritico si trova fra Voltri e Savona in quasi tutti quei tratti di litorale nei quali l'inclinazione è lieve.

Da ciò si ha motivo di argomentare che il movimento ascendente in virtù del quale si sollevò l'antica spiaggia di *Cogoleto* sia cessato e nasce spontaneo il sospetto che ad esso sia succeduto un movimento dall'alto al basso. Si è veduto come, per quanto concerne la costa di *Bergegi,* il sospetto si converta in certezza.

Dal lato di levante, il deposito si vede costituito in basso di massi che raggiungono mezzo metro a un metro di lunghezza nell'asse maggiore, i quali riposano immediatamente sulla breccia ofiolitica. Sopra questi v'ha uno strato di ciottoli grossi come il pugno o più (per una spessezza di circa 35 centimetri), il quale sorregge alla sua volta ghiaie serpentinose minute, di forma molto allungata, connesse fra loro da un cemento arenoso rossiccio (per altri 30 centimetri); superiormente vi sono altri ciottoli che giungono fino all'altezza del piano stradale ferroviario.

Procedendo dalla *Villa Durazzo* verso *Arenzano,* si osserva in vari punti la medesima spiaggia emersa ad altezza sempre crescente sul livello marino. Dapprima si vede appoggiata sopra il talcoscisto, a circa 50 centimetri sul piano della ferrovia, il quale si trova a 6 metri sulla spiaggia odierna, (poco meno di 8 sul mare). Ivi risulta di ghiaie grosse ed ha da 3 a 4 m. di spessezza. Più avanti, apparisce costituita inferiormente, a m. 1, 20 sul livello stradale, di massi arrotondati, frammisti di ciottoli, poi di stratarelli di ghiaiette alternati con strati di sabbione per 4 a 5 metri complessivamente. La stratificazione è in questo punto nettissima. Finalmente, di contro alla imboccatura della prima galleria ferroviaria che si trova nella direzione di *Arenzano,* mentre il piano stradale è alto sulla spiaggia circa 10 m., quindi presso a poco 11, 50 sul mare, si trova al di sopra di esso la formazione ciottolosa per circa 6 m. La spiaggia antica è adunque 16 m. più alta della odierna.

Anche qui, al di sopra della spiaggia emersa, si trova il solito deposito detritico, talora frammischiato in basso a qualche ciottolo.

Alla estremità occidentale del paese di *Voltri,* si scorgono lungo la ferrovia, vestigià di un simile deposito di ciottoli, il quale deve essere stato in gran parte sconvolto dai lavori stradali e dalla coltura, e per altra è occultato e coperto dalle costruzioni. Ivi, non pare che i ciottoli raggiungano tanta altezza sul livello marino.

Ad *Arenzano* e *Cogoleto,* il mare è ora in via di progresso, talchè, affine di conservar gli arenili che ancora rimangono d' innanzi a questi due paesi e per difendere edifizi e strade, si munirono di gettate perpendicolari alla spiaggia (pennelli). Questa tendenza del mare è ben manifesta ancora nel tratto della *Riviera* compreso fra *Voltri* e *Genova* e specialmente a *Cornigliano* (ove da quando a quando, massime da alcuni anni, la violenza delle onde produce danni non lievi alla ferrovia litorale) e a *Sampierdarena,* in cui, ad onta di gettate, alcuni edifizi sono gravemente minacciati.

Nello stesso porto di *Genova,* sotto la chiesa di *S. Tommaso,* v' ha un esempio assai istruttivo di litorale recentemente sollevato. Sugli scogli calcarei che costituiscono, o piuttosto che costituivano la costa, giacchè d' innanzi ad essi fu costruito un ampio scalo, si vede una fascia di fori assai fitti che misura m. 1,08 di larghezza e si trova col suo limite superiore a circa m. 7, sul livello medio del mare. Sotto questa fascia, i fori sono in piccolo numero, sparsi qua e là fin presso l' attuale livello marino, inferiormente al quale mancano affatto. Sarebbe ora impossibile che colà allignassero i litodomi, perciocchè le acque vi sono troppo impure e stagnanti. I fori sono ampi, profondi, internamente i margini loro sono acuti, il che dimostra che furono poco o punto alterati dal tempo. La

zona di fori è ben circoscritta superiormente da una linea orizzontale. I molluschi dovevano spesseggiare, come è loro costume, nei due metri che stanno sotto il livello della bassa marea e certo non si innalzavano al di sopra di questo livello. Si direbbe che lo scoglio foracchiato si sollevò piuttosto rapidamente (nulla si oppone all'ipótesi che il movimento sia stato istantaneo), poichè, dopo la emersione della zona a fori spessi, sembra che i litodomi non abbiano potuto allignare in sì gran numero in quella parte dello scoglio, che trovavasi allora nella condizione più propizia per loro e che doveva alla sua volta sollevarsi (1).

Per quante ricerche io abbia fatte, non mi è riuscito di trovare, in *Genova* e ne' suoi dintorni, traccie di un mutamento nell'altitudine del suolo, avvenuto in tempi storici. Interrogati i più vecchi operai addetti al bacino di carenaggio, costruito dal Governo Sardo, nella darsena, ed ora appartenente al Municipio di *Genova,* circa il grado della scala (2) cui giungeva originariamente ed arriva al presente il livello medio del mare, nelle condizioni normali, mi dissero non aver osservato, in ben 40 anni, alcuna differenza. Però, attribuisco assai poco valore a siffatta testimonianza, perchè le lievi differenze di livello che si debbono apprezzare in simili casi sfuggono all'attenzione di coloro che sono intenti ad altri uffici, e, d'altra parte; stante la grossezza delle divisioni della scala e il suo cattivo stato di conservazione, ritengo che un dislivello di pochi centimetri, in un lungo periodo d'anni, non sarebbe stato avvertito anche dall'osservatore più diligente.

(1) Non ho mai osservato alcuni di questi fori nelle antiche costruzioni, in riva al mare, nè a *Genova* nè in altri punti della *Liguria.* E perciò credo probabile che l'emersione sia avvenuta anteriormente ai tempi storici.

(2) Si tratta di una scala apposta nell'interno del bacino, alla sua estremità settentrionale.

Quanto al mareografo collocato per cura del R. Ministero della Marina nella darsena di *Genova*, siccome data da soli tre anni, non è ancora suscettibile di fornire utili indicazioni relative alla questione dei bradisismi. Se non sarà rimosso, esso servirà, almeno pel suolo di *Genova*, a risolvere il dubbio in un avvenire più o meno lontano (¹).

Ad ogni modo, essendo un solo caposaldo insufficiente alle future indagini, la sezione ligure del Club Alpino Italiano deliberò, dietro mia proposta, di provveder essa al collocamento di parecchi segnali lungo le nostre coste. Il primo fu posto il 7 Aprile 1883, per cura dei signori ing. C. Gamba ed A. Peirano, nella proprietà Peirano, al capo di *S. Andrea* (fra *Cornigliano* e *Sestri Ponente*), a circa m. 4,50 sul livello medio del mare. Esso consta di due lastre rettangolari, una delle quali di granito e l'altra di ofiolite, le quali col loro contatto formano una retta orizzontale. Al disotto è collocato, verticalmente, un regolo di marmo della lunghezza di 1 m., immerso circa per metà in mare durante le acque basse. Superiormente alle due lastre, sta una piccola lapide sulla quale sono incisi lo stemma del Club Alpino e la data del collocamento; compiute le osservazioni mareografiche destinate ad accertare l'altezza del segnale sul livello medio del mare, vi sarà anche inscritta la cifra relativa.

Lungo il litorale di *Camogli*, si osservano numerosi fori di litofagi, emersi ovunque il calcare è sano e omogeneo; mancano invece o sono scarsi nei tratti in cui la roccia è fessurata, nodulosa o attraversata da vene spatiche; generalmente, sono più comuni sulle superficie degli strati che sulle testate loro (²).

(¹) Trovandosi lo strumento in un punto poco acconcio allo studio delle maree, è probabile che sia trasportato altrove.

(²) Questo fatto è ben visibile a ponente della città, ove la costa risulta di strati di calcare a fucoidi, raddrizzati e ripiegati.

Questi fori salgono molto alti (a non meno di 10 metri sul mare) nello scoglio che sostiene il castello di *Camogli,* ma ivi non potei misurare la loro altitudine. A ponente del paese, fuori del porto, ne osservai a circa m. 7, 50 sulle basse acque. Essi sembrano piuttosto spessi nella parte superiore della zona forata, senza però dar luogo ad una linea di livello ben definita e si fanno più radi inferiormente; a circa 50 centimetri sulle basse acque, formano, nella medesima località un'altra striscia di fori fitti, superiormente ben limitata, il qual fatto accenna ad un rallentamento o ad un arresto nel movimento d'ascensione. È da notarsi che in quelle acque e nella parte sommersa delle medesime rupi i litodomi sono ancora viventi.

A *Camogli,* quantunque i fori dei litofagi di cui si è fatto cenno, attestino un sollevamento recente, non mancano indizi di un movimento posteriore in senso contrario. Parecchi edifizi del paese, i quali non furono forse innalzati in posizione sì mal sicura, sono spesso battuti in breccia dai marosi e minacciano rovina; uno, fra gli altri, situato accanto alla rupe che serve di base al castello, suol essere investito dalle onde, durante le burrasche, fino all'altezza del secondo piano.

Tutta la spiaggia compresa fra *Chiavari* e *Sestri Levante* presenta i caratteri dei litorali in via d'accrescimento, ed infatti gli abitanti del paese concordano nell'asserzione che il mare lentamente si allontani. È probabile che alla formazione di quella estesa spiaggia e della pianura alluviale colla quale si continua abbia contribuito un bradisismo ascendente, tantopiù che a pochi chilometri di distanza; il promontorio di *Portofino* ci presenta traccie di un sollevamento di circa 10 metri sul livello marino. Ma sarebbe poco prudente lo ammettere che il movimento persista ancora nell'attualità, dopo i fatti avvertiti a proposito dalla grotta di *Bergegi.* A *Sestri Levante,* la penisola

sulla quale sono situati la splendida villa *Piuma,* i ruderi della fortezza e il camposanto, è connessa alla terraferma da una lingua d'arena, alta circa 2 m. sulle basse acque, la quale durante le più grosse mareggiate invernali sarebbe soverchiata dalle onde se non vi si opponessero gli edifizi di cui è in parte coperta. È assai probabile che questo istmo sia di formazione recentissima, perciocchè nell'antica cronologia del Padre Aurelio si legge sotto la data del 1293: « *Insula Segestri quae ab Imperatrice Adelaide fuerat donata Monastero ad Caput Montis, hoc anno venditur Bartholomaeo de Federico* » (1). Inoltre, quella terra è tuttora designata nel vernacolo del paese sotto l'appellativo di *Isola.* Non v'ha però motivo di credere, a parer mio, che abbia perduto la sua condizioni insulare per causa diversa dall'insabbiamento, il quale è favorito in quel punto dai copiosi materiali apportati dal *Gromolo.*

Dopo *Sestri Levante,* la costa, precipuamente costituita d'arenaria e di scisti eocenici, si fa alta e scoscesa e fino al golfo della *Spezia* non è in via di accrescimento; anzi in alcuni punti, specialmente alle *Cinque Terre,* accenna a retrocedere.

Nel fondo del golfo della *Spezia,* le pianure occupate dall'arsenale della R. Marina e dalla città, nonchè quelle di *Migliarino* e degli *Stagnoni,* di formazione recentissima, si sono notevolmente protese anche nei tempi storici, massime presso lo sbocco di alcuni piccoli corsi d'acqua. Ma l'ispezione dei luoghi dimostra che questo fatto dipende solo dagli interrimenti e non ha alcuna connessione in movimenti del suolo (2).

(1) *Tractatus chronologicus a variis auctoribus compilatus studio Fr. Aurelii a Genua capucini,* Genua 1712.

(2) Il prof. Capellini m'informa che gli strati ricchi di conchiglie marine, da lui osservati negli scavi praticati per l'impianto dell'arsenale e accennati nella sua « *Descrizione geologica dei dintorni del Golfo della Spezia* ecc. (Bologna 1864) » si trovano tutti ad un livello non superiore a quello del mare.

Poco lunge, però, si avrebbe un esempio notevolissimo di avanzamento del mare, il quale si dovrebbe ragionevolmente interpretare come un caso di depressione.

Entro allo stesso golfo della *Spezia*, a ridosso dalle traversie dominanti e in luogo ove le correnti, il moto ondoso e la marea non possono avere che una potenza d'erosione limitatissima, il lido della *Marinella*, a quanto narra il professore G. Bertoloni, è rapidamente corroso; talchè il bosco piantato alcuni anni or sono ad una certa distanza dal battente del mare è ora lambito dalle onde ([1]). Il tratto di riva situato tra il piccolo seno di *Lavalà* inclusivamente e la chiesa di *S. Terenzo* andò sommerso; nel seno precitato, una casa alla quale non pervenivano le onde marine quando il Bertoloni era giovinetto andò distrutta non è molto dalla furia del mare. La sporgenza che si trovava alla base del monte di *Marigola* fu egualmente demolita insieme a varie muraglie, ad un orto col suo pozzo. Il mare batte ora in breccia, secondo il medesimo autore, l'antica casa dei *Gesuiti*, ora appartenente al sig. Macarani.

Alcuni attribuiscono questo avanzarsi del mare ad un mutamento delle condizioni idrografiche locali, avvenuto per la costruzione del molo di *Lerici;* altri, ai quali mi associo, credono più probabile che ivi il suolo sia animato da un lento movimento dall'alto al basso.

Se ci portiamo presso la bocca del golfo, alla foce della *Magra,* ci si affaccia un altro indizio di avvallamento, indizio che forse, mercè diligenti osservazioni, potrebbe convertirsi in prova. A circa un miglio dalla foce anzidetta, secondo il Repetti, citato dal Paoli ([2]), si trovano ruderi dell'antica *Luni,* in parte sepolti a ben 3 braccia

([1]) G. Bertoloni, *Vegetazione del primo tratto merid. di lido maritt. ital.*, *Memorie della R. Accad. delle Sc. di Torino,* serie, II, tomo IX, 1869.

([2]) *Opera citata,* p. 42.

sotto il livello del suolo. Questi ruderi furono veduti non è molto anche dal prof. Tapparone Canefri, al quale parvero collocati ad un livello singolarmente basso rispetto a quelli del fiume e del mare. Trattandosi di un terreno conquistato sul mare dai depositi della *Magra*, il professore Capellini è d'avviso che si sia prodotta colà una depressione locale, paragonabile a quelle che si riscontrano in parecchi delta.

Ai piccoli lembi pliocenici che appariscono, presso l'odierno litorale, a *Genova* e in parecchi punti della *Riviera di Ponente*, come per esempio a *Borzoli*, a *Voltri*, presso *Arenzano*, ad *Albissola*, *Savona*, *Vado*, *Albenga*, *Santo Stefano*, *S. Remo*, *Castel d'Appio*, *Ventimiglia* (¹) lembi che sono senza dubbio avanzi di un deposito originariamente continuo, corrispondono qua e là segni evidenti dell'antica riva. Questi consistono in un terrazzo o piuttosto nei resti di un terrazzo, i quali si trovano, secondo le località, tra gli 80 e i 150 m. d'altitudine. Essi presentansi, fra *Voltri* e *Albenga*, sotto forma di piccoli promotori, di capi a profilo rettilineo, che ricordano per l'aspetto loro le morene glaciali; tali sono i capi di *Arenzano*, *Invrea*, *Vado*, *Noli* ecc. L'accennata disposizione dipende a quanto pare da che la denudazione incise profondamente e separò in varii tratti il terrazzo primamente continuo (²).

Sopra alcuni di tali promontori, specialmente nella parte più alta, osservai letti di ghiaie e di ciottoli, nonchè massi arrontondati dal mare, materiali talvolta in posto, più spesso rimossi dall'uomo pei bisogni dell'agricoltura. Si ve-

(¹) Di questa formazione ho trattato nella memoria che ha per titolo « *Appunti paleontologici*, I, *fossili delle marne di Genova*, *Annali del Museo Civico di Storia Nat.*, IX, Genova 1877.

(²) Vedasi in proposito la mia nota sulle « *Antiche linee litorali in Liguria* », *Memorie della Società geologica italiana*, fasc. II, Roma 1883.

dono tali ciottoli e ghiaie presso le cascine *Masetti* e *Ciapin* (sopra *Cogoleto*), lungo l'antica via di *Scierborasca,* tra *Cogoleto* e *Varazze* (lungo la via nazionale), alla *Paterna* sopra *Albissola* (a circa 85 m.). Presso quest' ultima località, al *Piano,* si trovano massi di gneis a spigoli arrotondati che, a quanto pare, furono logorati per opera del mare; alla medesima azione attribuisco i solchi e gli incavi presentati dalle rupi d' eufotide lungo la via nazionale tra *Cogoleto* e *Arenzano.*

Reputo probabilissimo che le caverne allineate a circa 90 m. d' altezza sulla riva attuale, alle falde del monte *Caprazoppa* (*Finalese*), sieno in gran parte scavate dal mare pliocenico; di che sarebbero indizio i fori di litofagi (assai alterati) visibili ad altitudine poco minore.

A levante di *Genova,* l' unico punto in cui si trova un deposito riferibile dubitativamente al pliocene, è *Pieve di Sori,* ove si osservano sul calcare eocenico, ad una trentina di metri sul mare, certi strati di sabbione giallastro con ciottoli di calcare forati dai litofagi.

A ponente di *Genova,* fino ad *Albenga,* le marne plioceniche e le puddinghe sovrastanti raggiungono di rado un centinaio di metri d' altitudine, ma presso *Ventimiglia* superano i 250 e presso *Nizza* si levano a ben 450. A questo straordinario sollevamento non è forse estraneo il vulcanismo da cui fu travagliata la riviera di *Nizza* in un colla *Provenza* orientale. Fanno fede dell' azione vulcanica, nel *Nizzardo,* gli adunamenti di frammenti trachitici e di lapilli che compariscono al *Capo Mala* e al *Capo d'Aglio,* risalendo da quest' ultimo punto fin sopra la via maestra presso *Monaco.* Tal formazione è, a parer mio, quanto resta dei prodotti d' una piccola eruzione subarea, avvenuta attraverso ai calcari del coralliano, alla fine del miocene.

Così nella *Liguria* occidentale, come nella orientale si

trovano in molti punti e a tutte le altezze, fra 30 m. ed oltre 500, fori di litofagi i quali risalgono forse in parte ad un' epoca anteriore al pliocene.

Movimenti della regione Alpina ed Apennina. — I movimenti del litorale si connettono forse ad altri verificatisi nell' interno, i quali son fin qui poco noti ed incerti.

L' ing. Tissot è d' avviso che tutta la regione *Alpina* sia compresa in una grande area bradisismica ascendente, e adduce non pochi argomenti a pro' di questa opinione (1); ma nelle attuali condizioni della scienza non ve ne ha alcuno che valga come prova. In mancanza di livellazioni, esatte, ripetute a lunghi intervalli di tempo e di osservazioni dirette, egli dice, si desume la presunzione d' un sollevamento dal progredire dei ghiacciai, dai mutamenti avvenuti nel corso dei tempi storici nel clima del paese e finalmente dalla corrosione dei letti dei torrenti e degli altri corsi d' acqua.

È noto a tutti che l' andamento dei ghiacciai alpini è oltre ogni dire capriccioso e irregolare. Talora si avanzano, tal altra si ritirano, oppure per più anni rimangono stazionari. Di più varia, pur molto il loro regime tra una valle e l' altra. In complesso però si manifesta, secondo il Tissot, una progressione dovuta certamente a cause generali; d'altra parte il sig. Forel, competentissimo nella materia di cui si tratta, nega recisamente che la progressione sia costante e generale nella regione *Alpina* (2). Egli crede che i mutamenti di lunghezza dei ghiacciai provengano da variazioni nella velocità del loro corso, le quali dipendono da cambiamenti nella loro spessezza. Questi poi ripeterebbero le loro cause dalle differenze che si verificano nella

(1) E. Tissot, *Les mouvements des montagnes*, Annecy 1876.

(2) F. A. Forel, *Essai sur les variations périodiques des glaciers, Archives des Sciences phys. et nat.* VI, 1881.

quantità della alimentazione o dalla intensità della distruzione (ablazione) e quindi dalle vicende meteorologiche.

Rispetto alle corrosioni prodotte dalle acque correnti, non si può revocare in dubbio che sono più energiche nei territori in via di sollevamento; ma siccome si producono più o meno in tutti i fiumi e torrenti, il cui letto presenta una certa pendenza, e dipendono anche dalla velocità e dalla massa delle acque correnti (condizioni eminentemente variabili), dalla irregolarità dall'alveo loro, dalla resistenza delle roccie, prescindendo da altre circostanze, così parmi che, per la sua complicanza, il fenomeno non sia suscettibile di fornire indizi di qualche peso.

Il signor P. Veronese, segretario della sezione ligure del Club Alpino italiano, mi assicura che dalla cascina di *Pelarata,* sopra *San Sebastiano,* sulle rive del *Curone,* in quel di *Bobbio,* si vede ora distintamente il campanile di *Giarolo,* il quale 60 anni addietro era occultato da una collina calcarea. È avvenuto sicuramente colà uno spostamento nel livello rispettivo del campanile, della cascina e del cölle interposto; ma quale di questi punti si è mosso? Il sig. Veronese ritiene che la collina si sia abbassata; però non è in grado di provarlo. Comunquesia, è assai probabile che il movimento di cui si tratta debba collocarsi nel novero dei *locali.*

Dicesi che oscillazioni consimili si sarebbero verificate sulla sponda destra della *Bormida,* presso *Acqui* e nell'alto *Monferrato;* ma non possiedo in proposito ragguagli precisi e particolareggiati.

Toscana. — La zona litorale di *Viareggio* e di *Pisa,* tanto per la estensione della parte arenosa quanto per l'altitudine, si manifesta spiaggia emersa e come tale la sua formazione è certamente dovuta, in parte, ad un bradisismo. Ma insieme a questo fenomeno, contribuirono gran-

demente all'accrescersi del litorale gli interrimenti e in particolar modo il deposito dei materiali apportati dall'*Arno* e dal *Serchio,* che mettono foce poco lunge. I venti, da canto loro, prestarono il loro concorso all'innalzamento del lido, come apparisce dai *tomboli,* piccole dune ivi assai frequenti.

I depositi conchigliferi quaternari e recenti, segnalati nel *Livornese,* ad un livello più o meno alto sull'orizzonte marino, confermano il supposto che tutta quella spiaggia sia propriamente sollevata. Ma, nell'attualità, si cercherebbero invano le prove di un tal movimento. Targioni, sagace osservatore, scrive nel suo *Viaggio in Toscana* (vol. I, p. 357) di esser persuaso da fortissime ragioni che il livello del mare (in cui mette foce l'*Arno*) è qualche poco più alto di quel che non fosse in passato. Zendrini, a quanto riferisce il Paoli, riteneva che lungo il lido di *Pisa* il livello del mare si fosse alquanto rialzato. Indizi di avvallamento si manifestano nella città di *Pisa,* in alcuni edifici che presentano antichi pavimenti ad un livello inferiore a quello del piano stradale più prossimo, come per esempio nelle chiese del *S. Sepolcro* e di *S. Matteo* e nel palazzo dei *Medici.*

Nel territorio di *Livorno,* si trovano, come si è detto, vari depositi marini postpliocenici che attestano la maggior estensione del mare in quei luoghi, in tempi relativamente poco remoti.

Gli strati superficiali argillosi incontrati negli scavi della darsena di *Livorno,* gli strati marnosi della *Crocetta,* quelli dello scalo di *S. Rocco,* la marna calcare fra la *Nuova Darsena* e il *Porto Mediceo,* gli strati dell'*Arena Labronica,* l'argilla marnosa turchina di *Porto alle Colline* e la panchina di *Monte Tignoso* spettano appunto a questa categoria. Nei terreni ora indicati abbondano conchiglie fossili, di cui molte specie furono raccolte dal Ca-

terini e determinate dall'Appelius ([1]). Oltre alle specie caratteristiche dei nostri mari, vi si trovano alcune poche forme estinte ed altre non rinvenute viventi nel vicino *Tirreno*, ma note in altri mari. La proporzione delle specie estinte varia notevolmente, essendo appena di 3 per 100 nei sedimenti più recenti e raggiungendo fin l'11 per 100 nei più antichi. La presenza in questi terreni della *Cyprina Islandica*, bivalve confinata al presente nell'Atlantico settentrionale e mancante al pliocene propriamente detto e alla fauna vivente del *Tirreno*, accenna all'influenza del periodo glaciale sulla fauna di cui si tratta.

A *Vallebiaia* presso *Fauglia*, su quel di *Pisa*, un deposito di sabbie gialle, ricchissimo di conchiglie, si può riferire ad una delle suddivisioni più antiche degli strati di *Livorno*. I suoi fossili, studiati principalmente da Manzoni e Lawley, sono 253 specie, tra le quali 20 estinte ([2]). Anche qui è presente la *Cyprina Islandica* che vi fu segnalata da Gentiluomo.

Per quanto concerne la panchina, Targioni segnalava fin dal secolo scorso questa formazione sulle rive del *Fosso di S. Giacomo*, presso il *Lazzaretto Leopoldo* e lungo la riva del mare fino all'*Antignano* ([3]); su di essa sono edificati il *Fanale*, la *Fortezza Vecchia*, le torri di *Porto Pisano* e del *Marzocco*. Finalmente, essa costituisce la scogliera sommersa che si estende fino alla *Meloria*. Tar-

([1]) Appelius, *Catalogo delle conchiglie fossili del Livornese, Bollettino malacologico italiano*, III, Pisa 1870.

De Stefani, *sedimenti sottomarini dell'epoca post-pliocenica in Italia, Bollettino del Regio Comitato geologico*, VII, Roma 1876.

([2]) Manzoni, *Saggio di conchigliologia fossile subapennina, Fauna delle sabbie gialle*, Imola 1868.

Lawley, *Nota di conchiglie fossili di Vallebiaia, Bollettino della Società malac. italiana*, I, fasc. I, Pisa 1875.

([3]) Targioni Tozzetti, *Relazioni di alcuni viaggi in Toscana*, II, Firenze, 1768, p. 464.

gioni afferma che furono trovati in questa panchina un gran corno di cervo, un dente d' elefante e parecchi modelli interni di conchiglie. P. Savi si occupò di essa in varie sue opere (¹) e manifestò l'avviso che fosse prodotto di acque minerali sottomarine analogo a quello tutt'ora in via di formazione sulla spiaggia di *Torre Nuova*.

Trattando dei terreni quaternari della *Sardegna* (²), Lamarmora descrisse brevemente la panchina livornese, e diede una sezione di questo terreno, dalla quale si vede che presenta strati quasi orizzontali sovrapposti ad un calcare più antico, da 7 a 8 metri sul livello del mare. Inferiormente, egli osservò che la panchina ricetta ciottoli calcari forati dai litofagi e ciottoli serpentinosi. Il calcare sottoposto è pure forato dai litodomi. Ad una certa distanza dalla costa, cioè a *Monte Tignoso,* lo stesso geologo vide un calcare da lui considerato subappenino pur forato dai litofagi fino a 8 o 10 metri sul mare, coperto parimente di panchina.

Paolo Savi reca altri fatti che accennano ad un recente movimento dall' alto al basso della medesima regione. Nello stagno di *Scarlino,* in *Maremma,* le cui acque hanno un livello presso a poco uguale a quello del mare che comunica collo stagno, si è trovata una porzione di antica via romana molto ben conservata.

Presso la torre di *Santa Liberata*, sul lato settentrionale del monte *Argentario,* vedonsi in riva al mare, molte muraglie che s'intersecano come se avessero fatto parte della base d' un gran palazzo e il pavimento dell' edifizio è ora costantemente sommerso. Nella valle detta *I Roncanali,* poco lungi dagli avanzi suaccennati, a profondità

(¹) *Tagli geologici sulle Alpi Apuane,* Pisa 1832. — *Memoria per servire alla costituzione fisica della Toscana,* Pisa 1859.

(²) *Voyage en Sardaigne, Troisième partie, Description géologique,* Tome I, Turin 1857, p. 313.

presso a poco uguale al livello del mare, s' incontrano altri ruderi, che certamente si trovavano in altra epoca a maggiore altezza, Savi crede che siffatti fenomeni dipendano da cangiamenti nei rapporti di livello fra il mare e il suolo emerso, cangiamenti cui è anche inclinato ad attribuire l' impaludamento della Maremma.

Il Cocchi allude indubbiamente all' edifizio sopraccitato visto dal Savi presso la torre di *Santa Liberata,* quando accenna ad una costruzione rettangolare, nota comunemente sotto il nome di *Bagno di Domiziano,* e situata lungo la strada da *Orbetello* a *Porto S. Stefano,* che l' Holstein, il quale fu tra i primi ad osservarla, considera come una sontuosa *cetaria,* mentre Savi la crede un antico palazzo. Cocchi è d' avviso che, se colà vi fu avvallamento del suolo, si ridusse a fenomeno locale, perciocchè, poco lunge, al cosidetto *Bagno della Duchessa* (che è un taglio artificiale, eseguito probabilmente ad uso di emissario), i rapporti fra il mare e il litorale sembrano invariati da tempi remoti (¹).

Pianosa. — Il Prof. C. Chierici, di cui son ben note le scoperte di archeologia preistorica, trovò nell' isola di *Pianosa,* chiare prove di un avvallamento succeduto ad un movimento in senso inverso. Al di sopra di argille turchine, verosimilmente plioceniche, il suolo dell' isola presenta ad una diecina di metri d' altitudine, secondo l' osservatore precitato, vari strati d' arena, con tritumi di conchiglie marine recenti, alquanto inclinati dalla costa verso l' interno, e sopra questi un banco d' ostriche (fig. 17). All' epoca in cui si deponevano le arene e vivevano quelle ostriche, le onde scavavano probabilmente le caverne litorali che ora vedonsi allineate a parecchi metri d' altezza

(¹) *Note geologiche sopra Cosa, Orbetello e Monte Argentaro, Bollettino del Comit. geol. ital.,* 1870, n. 11, 12.

sul livello del mare. Di fronte a questi fatti che attestano il ritirarsi del mare, il Chierici verificò che i ruderi di certi monumenti romani hanno altitudine alquanto minore della originaria. Le acque del mare salgono, per esempio, fino all' orlo della cisterna, fra gli avanzi delle *Terme d'Agrippa*, il che certo non avveniva allorchè furono edificate.

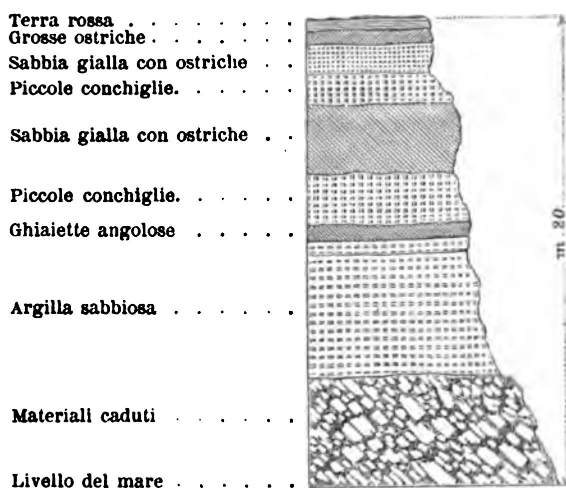


Fig. 17.
Sezione condotta al lato meridionale della *Pianosa* (Chierici)

Nel render conto di una collezione di fossili raccolti dal sig. Pisani nell'isola di *Pianosa*, il compianto prof. Gastaldi registrò fra questi fossili: *Ursus spelaeus*, *Vulpes*, *Mustela*, *Sus*, *Equus fossilis*, *Equus asinus fossilis*, *Bos* 2 sp., *Cervus* 2 sp., *Antilope* 2 sp., raccolti in una breccia ossifera quaternaria ([1]). Considerando il numero delle specie e più quello (grandissimo) degli individui rappresentati nella raccolta, nasce spontaneo il pensiero che la *Pianosa* non avrebbe potuto alimentare un tal complesso di grossi

([1]) *Memorie della R. Accad. delle scienze di Torino*, ser. II, tomo XXIV.

mammiferi se non fosse stata connessa alla terraferma o almeno assai più estesa che non al presente.

Le osservazioni che son venuto esponendo accennano adunque ad una vicenda di emersione e di sommersione che può essere espressa nel seguente quadro geo-cronologico:

Pliocene inf.		Deposito dell'argilla azzurra	l'isola è sommersa (sollevamento)
Pliocene sup. (?)		Deposito della sabbia gialla conchiglifera Banco d'ostriche	l'isola è in parte sommersa (sollevamento)
Quaternario (Acheuléen)		Formazione della breccia ossifera con grossi mammiferi	l'isola è emersa, unita al continente o assai più estesa che nell'attualità (avvallamento)
Attuale	*Neolitico*	Formazione dello strato archeologico nelle caverne	l'isola è emersa, divisa dalla terraferma, un po' più estesa che non attualmente (avvallamento)
	Storico	Costruzione delle *Terme d'Agrippa* e d'altri edifizi romani	l'isola è ridotta presso a poco al suo perimetro attuale

Lazio. — Secondo osservazioni di Vallisnieri, menzionate da Brocchi [1], si trovano fra *Civitavecchia* e *Santa Severa* avanzi di antiche fabbriche sommerse.

Ai grandiosi esempi d'erosione, osservati lungo la costa compresa fra *Nettuno* e *Porto d'Anzio*, dal Di Tucci [2] e a quelli che io stesso potei vedere a mezzogiorno di *Terracina*, non è forse estraneo l'avvallamento del suolo. Ad *Anzio*, lo stesso Di Tucci osservò che i ruderi di gran parte dell'antica città sono sommersi.

Ognun sa che quasi tutti i monumenti dell'antica *Roma*, situati nella parte bassa della città, che supera di pochi metri il livello del mare, hanno il loro suolo al di sotto dell'odierno piano stradale. In tal condizione si trovano l'anfiteatro Flavio, l'arco di trionfo di Costantino, gli

(1) Paoli, *Opera citata*, p. 43.

(2) *Dell'antico e presente stato della campagna di Roma*, Roma 1878.

edifizi del Foro Romano, l'arco di Settimio Severo, il Foro Traiano e molti altri; similmente, i selciati delle strade antiche giacciono più o meno profondamente sotto le attuali ([1]). Fra le diverse cause cui si deve attribuire l'innalzarsi del suolo della città dall'epoca in cui si edificarono quei monumenti fino a noi, vuol essere considerata la necessità in cui si trovarono gli abitanti di sottrarsi all'umidità del terreno, alle periodiche invasioni del *Tevere*. Or bene, è assai probabile, se non certo, che questi due flagelli si fecero grado grado più esiziali coll'andar del tempo, per effetto del lento abbassamento del suolo, il quale, come si vedrà in seguito, si manifesta poco lunge, in riva al mare, con tutta evidenza. Con ciò non intendo contestare che la sedimentazione, innalzando progressiva-il letto del fiume, non concorra ad accrescere i danni delle inondazioni.

Anche ad *Ostia* e a *Fiumicino* ([2]) si manifestano analoghi indizi di avvallamento.

Appiè del *Monte Circeo*, a levante della grotta delle *Capre*, si scorgono, lungo la spiaggia, a fior d'acqua, ruderi antichi, i quali certo non appartengono a costruzioni originariamente subacquee. Dalla stessa parte, oltre la torre del *Fico*, vedesi una spiaggia emersa, costituita di ciottoli e limo (spiaggia che risale ad un sollevamento quaternario), la quale è tagliata a picco ed erosa per opera delle onde. L'erosione potrebbe ripetere unicamente la sua causa dalle mutate condizioni idrografiche di quel litorale, indipendentemente dai bradisismi, ma è più probabile che sia conseguenza del noto avvallamento.

([1]) Secondo indicazioni cortesemente somministrate dall'ing. Lanciani all'amico mio prof. Pigorini, il piano inferiore del *Colosseo* sarebbe situato tra m. 5. 41 e 5. 90 sotto il livello della piazza circostante e il piano del *Panteon* si troverebbe in qualche punto ad oltre 2 m. più basso della *via Palombella*.

([2]) Presso *Fiumicino* si osservano antichi edifizi sommersi.

Sulle rive del lago di *Paola,* i segni di depressione sono più numerosi ed evidenti. Questo lago è un bacino d'acqua salsa, di forma assai allungata ed irregolare che si estende parallelamente al lido a N. O. del *Monte Circeo.* Esso è formato evidentemente da una insenatura della costa, convertita in bacino chiuso, da un cordone litorale sabbioso in gran parte sollevatosi per opera dei venti nei così detti *tumuleti;* i quali raggiungono, in taluni punti, fin 36 metri sul livello del mare. Mercè la vegetazione di cui è coperta, la duna ha cessato omai di progredire.

La maggior lunghezza del lago è di 7 chilometri e si dà nella direzione N. O.-S. E. La sua larghezza è di 2400 m., nella direzione N. E.-S. O., ma la media oscilla tra i 600 e i 700. La sua profondità è generalmente piccola e solo per breve spazio raggiunge il massimo di 10 m. Il fondo è piano, arenoso o fangoso, secondo le località, e coperto in gran parte di alghe brune e di zostere, e in alcune parti anche di cocci di terra cotta e di gusci di *Cardium edule.*

Il lato del lago che guarda verso S. O. è quasi rettilineo e costituito dalla duna già accennata che ha più di mezzo chilometro di larghezza; l'altro è assai frastagliato e presenta parecchie profonde insenature. Da questa parte le rive sono per lo più basse, pantanose ed ingombre di giunchi; qua e là, peraltro, vi si scorgono traccie di antiche banchine che risalgono all' epoca romana, come pure non pochi ruderi di edifizi in gran parte sommersi, i quali attestano che si produsse colà, in tempi non molto remoti, un avvallamento del suolo, da cui forse dipendono la condizione paludosa delle sponde e l'insalubrità dell' aria (1).

(1) Ebbi il piacere di osservare queste ed altre particolarità qui registrate intorno al lago di *Paola*, guidato dal barone O. Giacchetti di S. Felice, odierno proprietario del lago e della vasta tenuta che comprende il *Circeo* e le terre adiacenti.

Alla estremità S. E., sbocca, per mezzo di tre foci munite di chiuse, il canale che mette in comunicazione il lago col mare, canale che ha uno sviluppo di circa 800 m. Esso è quasi tutto limitato da mura e banchine e presenta nel tratto principale una larghezza di circa 18 metri e nelle tre diramazioni larghezza assai minore. A causa di recenti interrimenti la sua profondità non supera 60 centimetri, tranne in un solo punto.

Le tre foci del canale, verso il lago, e l'unica, verso il mare, sono munite di chiuse; quest'ultima è difesa da due robuste dighe che si protraggono per lungo tratto verso il largo. Stante la poca profondità e la lunghezza del canale, l'alta marea che pur s'innalza lungo le spiaggie aperte del *Circeo* di 60 a 70 centimetri sul livello delle basse acque, è poco sensibile nel lago.

Dai ruderi che spesseggiano su quelle rive, si può inferire che fossero popolatissime e che per conseguenza non vi regnasse la malaria come al presente. Anche dai ricordi storici risulta che le adiacenze del lago erano sparse di ville deliziose, di giardini e di campi coltivati.

Presso l'estremità meridionale, si osserva un bellissimo vivaio, opera romana in perfetto stato di conservazione che consiste in un bacino circolare di m. 33,50 di diametro, comunicante col lago mediante uno stretto canale. Questo bacino è diviso in 4 settori disuguali, uno dei quali è parzialmente coperto di volte e doveva servir di ricovero a quei pesci che prediligono l'oscurità. Orbene, intorno, al muricciuolo che limita il bacino dal lato interno corre una banchina, la quale indubbiamente era destinata, secondo l'intenzione del costruttore, a dar passo alle persone addette al vivaio, acciocchè potessero osservar il pesce più da vicino e, occorrendo, trarlo fuori dall'acqua. Questa banchina, la quale superava certamente il pelo dell'acqua anche durante le massime maree, era coperta nel

momento in cui visitai la località (a marea alta) di 60 centimetri d'acqua; da ciò si deve argomentare che il suolo abbia subito una depressione di un metro almeno, dopo la costruzione del bacino. Non lunge di là vedonsi avanzi di mura appena superiori al livello del lago.

Lungo il lido S. E. si trovano, come dissi, ruderi ad ogni piè sospinto, ed alcuni di questi, massime accanto al così detto *Palazzo di Lucullo,* sono sommersi. Ivi raccolsi io stesso, nei bassi fondi, pezzetti di mosaico, frammenti di porfido verde e di marmi preziosi e, a quanto si accerta, vi si scoprirono lapidi marmoree, frammenti di statue, vasi vinari ecc. Sono sommersi in vari punti del perimetro del lago resti di antiche banchine e presso il *Palazzo di Lucullo* una costruzione conosciuta sotto il nome di *Sbarcatoio.*

Il prof. Moro accenna in una sua memoria, pubblicata dall'Accademia dei Lincei, a fori di litofagi da lui osservati a pochi metri d'altezza sul livello del mare, alle falde del monte *Argentaro,* a porto *Talamone,* al *Pisco Montano,* presso *Terracina* e al monte *Circeo* (¹).

Parecchi altri autori segnalarono in varii punti dell'Italia centrale antichi livelli marini, indicati da perforazioni di litodomi; ma questi spettano al pliocene. Verri trovò una zona di fori fra *Narni* e *Amelia* a m. 276 e Meli ne osservò un'altra a *Coltodino* alta m. 268 sul mare (²).

Grotta delle Capre. — La grotta delle *Capre* si apre alla base del monte *Circeo* dalla parte meridionale, a ponente della torre del *Fico,* in un calcare bianco a struttura minutamente cristallina, il quale era fin qui riferito al cretaceo; ma per analogia con altra roccia consimile, ammonitifera, trovata dal Tuccimei a *Coltodino*, è ora ascritto

(¹) *R. Accademia dei Lincei, Transunti,* serie III, vol. I, fasc. 3, Roma 1877, p. 74.

(²) *Sulla zona di fori lasciati dai litodomi pliocenici nella calcaria giurese di Fora Sabina, Bollettino del R. Comitato geologico,* 1882, n. 5-6.

dal Meli al lias medio [1]. Vi si accede, da *S. Felice*, in un' ora di cammino per comodo sentiero.

La grotta mette all' esterno mediante un' ampia apertura irregolarmente semicircolare; la prima cavità di essa, che è anche la maggiore, misura m. 35. 50 di lunghezza in direzione N. S. e larghezza di m. 21. 50 (da levante a ponente). La sua volta si solleva nel mezzo a mo' di cupola, raggiungendo un' altezza massima, che stimata a occhio, può dirsi di 15 a 20 metri [2]. In alcuni punti le pareti e la volta sono rivestiti di concrezioni calcaree.

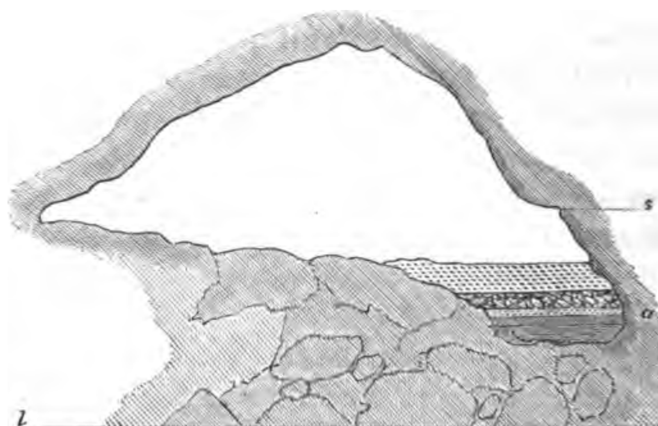


Fig. 18.

Grotta delle Capre.

s. solco d' erosione — *m.* massi caduti
a. strato archeologico — *l.* livello del mare

Dalla parte opposta all' apertura, la caverna si continua per una cinquantina di passi verso N. O., in un angusta propaggine a volta bassa e a pareti vestite di panneggiamenti lapidei.

[1] *Sulla zona di fori lasciati dai litodomi pliocenici nella calcaria giurese di di Fara Sabina, Bull. del R. Comitato geologico,* 1882, n. 5-6.

[2] G. Capponi assegna alla grotta palmi 208 di lunghezza per 125 di larghezza (*Il promontorio Circeo illustrato con la storia,* Velletri 1856, p. 407).

Presso l'apertura, a sinistra, entrando nella cavità, si diparte da essa un altro stretto cunicolo, che s'interna nel monte con rapida ascesa, per una ventina di metri.

Il suolo della grotta è pianeggiante e formato da un deposito terroso, sotto il quale giace una salda crosta stalagmitica. Esso trovasi all'altezza di m. 6 a 6,50 sul livello medio del mare; per cui, durante le grandi mareggiate e specialmente quando imperversa la traversia di scirocco, i marosi debbono salire fin nell'interno della cavità. Alla parte anteriore della caverna, il suolo fu parzialmente asportato dal mare e in luogo delle porzioni mancanti si trovano accavallati in disordine grossi massi di calcare caduti dalla volta o strappati dalle onde alle pareti.

Nello scoscendimento che si trova a destra dell'osservatore, entrando nella grotta, apparisce una sezione molto istruttiva dei depositi in essa contenuti. Questi sono dall'alto al basso:

Ciottoli marini, terriccio e pietre angolose .	metri	0. 95
Stalagmite e piccoli massi di calcare, forati dai litofagi, per lo più agglomerati da cemento calcare	»	0. 70
Terra ocracea rossa, con ossa di mammiferi, pezzetti di carbone, stromenti litici ecc. .	»	0. 35
Terra gialla regolarmente stratificata . .	»	0. 30
Terra nerastra	»	0. 40
Calcare in parte forato da litodomi . .	»	— —

Tra m. 2. e 2.60, sopra il suolo della grotta, vale a dire tra 8 e 9 metri sul livello del mare, le pareti di essa appariscono tutte traforate dai litodomi. I fori sono circolari, ampi e spesseggiano principalmente nella parte superiore della zona, la quale è segnata da un profondo e largo solco d'erosione, ben distinto intorno alla cavità maggiore, ma poco o punto visibile nei cunicoli e all'esterno.

Ad un metro al di sotto del suolo della grotta si trovano, come accennai, pietre forate, che a quanto pare servirono di dimora ai litofagi già cadute nella posizione che occupano presentemente. Nei fori raccolsi alcune conchiglie di *Lithodomus lithophagus* ben conservate e colorate in bruno come nello stato di freschezza. A circa due metri più in basso, si osserva nel calcare, in posto, al limitare della grotta e nei massi accumulati dinanzi all'apertura, una seconda zona di fori, ben distinta, ma meno regolare della prima.

La grotta delle *Capre,* al pari di altre che si aprono alla base dello stesso promontorio, fu scavata o per lo meno ampliata dal mare, mentre il monte si trovava, rispetto al livello marino, di una diecina di metri almeno più basso che non al presente. Ciò avveniva verosimilmente al principio del periodo quaternario. Di poi si manifestò un progressivo e lento sollevamento del suolo con due periodi di sosta o di rallentamento, il secondo più lungo del primo, durante i quali si formarono le zone dei fori situate tra 7 e 8 e tra 4 e 5 m. sull'attuale livello marino.

Intanto, le acque provenienti dall'interno del monte penetrando nella cavità, vi depositavano piccoli strati terrosi, da principio neri, perchè pregni di materie organiche, poi gialli e rossicci, perchè misti all'ocra che compenetra in alcune parti il calcare del *Circeo.*

Portatosi il suolo della grotta ad una altezza di circa 10 m. sopra il livello del mare, alla fine del periodo quaternario, essa servì di dimora all'uomo, che vi lasciò copiosi residui di pasti e rozzi manufatti litici. Non sappiamo per qual motivo la grotta fu poi abbandonata.

Certo è che si verificarono allora grandi frane, per le quali si staccarono dalla volta numerosi pezzi di roccia e coprirono il suolo; intanto, per le fessure formatesi nella roccia, scaturirono acque calcarifere che cementarono quei

massi colle concrezioni loro e formarono una salda crosta di stalagmite, mentre la volta e le pareti si coprivano di concrezioni stalattitiche. Qui siamo già vicini ai tempi storici, durante i quali si depositò sul suolo della caverna un nuovo strato di detriti in gran parte terrosi, senza stalagmite, e in ultimo ciottoli marini spinti dalle onde.

La presenza di questi ciottoli dimostra che, dopo la caduta dei frammenti di calcare già ricordati, la grotta subì una depressione, che stimo non minore d'un paio di metri, per effetto della quale fu di nuovo esposta alle invasioni del mare, almeno durante le grandi tempeste. Oltre ai ciottoli, è prova di questo fatto il livello cui ora si trova lo strato archeologico o fossilifero che dir si voglia; perciocchè non è possibile che l'uomo dimorasse in una cavità alta soltanto da m. 4, 50 a 5 sul livello del *Tirreno*, e nella quale, stante la sua esposizione, i marosi dovevano in alcuni giorni dell'anno, penetrare liberamente. L'erosione incipiente dei materiali che riempiono la spelonca, erosione che interessa tutta la serie stratigrafica già descritta, è segno delle mutate condizioni idrografiche della località per effetto di avvallamento. Nè si dica che codesto avvallamento è ipotetico, poichè poco lunge se ne hanno prove evidentissime, le quali risalgono a tempi storici non molto remoti, cioè agli ultimi tempi dell'impero romano.

Rispetto alla causa che provocò la caduta di numerosi detriti e massi sul suolo della grotta, parmi ben legittimo il supposto che fosse il terremoto. Commozioni violente del suolo si produssero non di rado e con singolar violenza non solo in quel territorio, ma in tutta l'estensione delle provincie romane. Le storie registrano taluni di questi flagelli e le traccie loro son ben visibili sulla massima parte degli antichi monumenti. Al *Circeo,* oltre al fatto segnalato alla grotta delle *Capre,* dipendono probabilmente dallo stesso ordine di fenomeni parecchie grandi

frane, una delle quali interessa gran parte del fianco meridionale e copre porzione della *Punta delle Fornaci.*

I fori di litofagi che si osservano nella grotta delle *Capre* furono già segnalati da Brocchi nel 1817 ([1]). Ne trattò di poi il prof. Moro, in una sua memoria sul mare quaternario ([2]) e in ultimo per incidenza l'ing. R. Meli ([3]).

Paludi Pontine; relazioni fra i bradisismi e la malaria. — Le paludi *Pontine* furono già un territorio fertilissimo, i cui prodotti contribuivano all'alimentazione della capitale. Plinio accerta che vi fiorivano 33 città, alcune delle quali situate in luoghi ora occupati dalle acque. In quel territorio ebbe luogo la fiera guerra dei Romani contro i Volsci.

Nell'anno 262 di Roma, durante una carestia, si sperava di ottenere dall'*Agro Pontino* il frumento di cui abbisognava la città; dopo un secolo, nel 367, i tribuni della plebe in Roma sollecitavano la divisione di quel territorio che poi ebbe luogo dopo cinque anni. Quale vantaggio avrebbe potuto sperare la plebe romana da questo provvedimento se il paese fosse stato nelle condizioni odierne? Non v'ha dubbio adunque che esso era asciutto e non malsano. Nel 442 di Roma fu costrutta attraverso di esso, sotto il censore Appio Claudio, la via che portò il suo nome.

È probabile che prima di questa epoca, in tempo più o meno remoto, il paese sia stato paludoso, perciocchè sotto il selciato della via *Appia* si trovarono strati di torba e sedimenti d'acqua dolce fino alla profondità di 22 m., alla quale s'incontrò la formazione marina.

Da quanto precede, come pure dalle osservazioni da me fatte alla grotta delle *Capre* e sulle rive del lago di *Paola*, risulta:

([1]) *Catalogo ragionato di una raccolta di rocce ecc.*, Milano 1817, p. 83.
([2]) *Opera citata.*
([3]) *Opera citata.*

1.° che le pianure e le paludi che circondano il *Circeo* furono originariamente occupate dal mare; ciò probabilmente, fino al declinare del periodo quaternario.

2.° che subirono verso l'epoca accennata un sollevamento, mercè il quale si ridussero allo stato di terre emerse e coltivabili.

3.° che durante i primi secoli di Roma furono coltivate e sparse di città e villaggi e per conseguenza si trovavano nelle condizioni di terre emerse.

4.° che prima del IV secolo di Roma, ma in epoca ignota, cominciarono a deprimersi e si fecero acquitrinose e malsane.

Questa condizione di cose, che pur troppo ancora sussiste, era simultaneamente aggravata dal formarsi lungo le rive del mare di cordoni littorali sabbiosi e di dune, le quali ritardavano o intercettavano l'afflusso delle acque correnti alle loro foci. In conclusione, le condizioni topografiche delle paludi *Pontine*, come di gran parte dell'*Agro Romano* e la malaria che ne consegue derivano precipuamente dalla successione dei due fenomeni cioè: formazione d'una pianura per la emersione di un fondo marino, avvallamento parziale del territorio emerso.

Da ciò si vede come l'apertura di nuovi canali di scolo, la rettificazione dei corsi d'acqua esistenti e il prosciugamento parziale di piccole zone acquitrinose e gli altri artifizi fin qui messi in opera per combattere il flagello sono insufficienti. L'unico mezzo efficace per raggiungere l'intento, mezzo lento, laborioso, dispendiosissimo, ma sicuro, sarebbe a parer mio quello delle colmate, il quale nella *Val di Chiana* diede sì felici risultati. Ad ogni modo, nelle opere che si imprenderanno per la bonifica delle nostre maremme converrà tener conto, d'or innanzi, di quell'importantissimo fattore che è il bradisismo.

Queste considerazioni, salvo poche varianti, si possono applicare a tutti i territori pantanosi dell'Italia centrale

e meridionale, cioè alla *Maremma Toscana*, alle piccole paludi del *Capo Miseno* e ai litorali pantanosi della *Basilicata* e della *Terra d' Otranto.*

Movimenti del suolo verificatisi lungi dal mare. — Prima di proseguire la mia enumerazione, per quanto ha tratto al lido mediterraneo delle provincie meridionali, esporrò alcuni fatti osservati nell' Italia centrale relativi a bradisismi locali, avvenuti a notevole distanza dal mare.

Il prof. Carina, citato dal De Rossi, descrive nei seguenti termini un recente mutamento di livello verificatosi in una località del suolo toscano:

« Il rev. D. Filippo Baccelli rettore della chiesa di *S Michele di Granaiolo,* castello posto sul culmine di un poggio che guarda a levante il territorio dei *Bagni di Lucca,* mi ha mostrato che da quell' altura quaranta o cinquanta anni fa non vedevasi nè la chiesa pievale di *S. Maria Assunta di Cotrone,* nè la chiesa parrocchiale di *S. Pietro di Corsena.* Alla prima faceva riparo il poggio di *Maiola,* alla seconda il poggio detto di *Corsena.* Ora vedesi chiaramente l' una e l' altra; ed ho potuto vederle io stesso tanto dalla terrazza della casa di quel rettore, quanto dal cimitero della parrocchia. Per assicurarmi della cosa ho domandato ai vecchi di *S. Pietro di Corsena* e della *Pieve di Cotrone,* se avessero notato di veder ora la chiesa di *S. Michele di Granaiolo,* mentre prima non si vedeva; e mi è stato risposto che tale osservazione era già stata fatta con meraviglia, accennando alla stessa data di 40 o 50 anni. Tali osservazioni furono da me fatte dopo essermi assicurato che non fossero avvenute remozioni di ostacoli, come alberature, manufatti od altro: anzi la cosa parve a tutti strana appunto perchè si era sicuri su questo particolare » (1).

(1) *Meteorologia endogena,* vol. I, Milano 1879, p. 187.

Il prof. De Rossi registrò nella sua *Meteorologia Endogena*, sulla fede del prof. D. Seghetti, un bell'esempio di abbassamento locale, operatosi nel fianco meridionale del monte detto di S. *Giovanni*, nella valle dell'*Aniene* (¹).

A 8 chilometri a levante di *Subiaco*, sorge un monte isolato di calcare eocenico, alto 760 metri, sul quale è collocato il villaggio di *Jenne*. Fra *Subiaco* e *Jenne*, e presso a poco ad ugual distanza dei due paesi, s'innalza il monte di *S. Giovanni*, sulla cui vetta biancheggiano le rovine di un antico eremo di Benedettini Cassinesi. Orbene, fino a pochi lustri addietro, da alcuni punti di *Subiaco* situati verso nord-est, a circa 480 m. sul livello del mare, e in altri luoghi vicini, come per esempio dal parapetto situato all'ingresso del cenobio di *S. Benedetto*, non si vedeva che una piccola parte dell'abitato di *Jenne*, in direzione del mezzogiorno; ed ora, essendosi abbassata, a quanto pare, la fiancata del monte di *S. Giovanni* che guarda il mezzogiorno, si scopre benissimo da quei punti di vista una frazione assai maggiore di *Jenne* e segnatamente la chiesa parrocchiale, edificio assai notevole che pochi anni addietro rimaneva tutto nascosto.

Questo fatto, ben noto ai terrazzani di quei dintorni, avvenne gradatamente, progressivamente, e per le condizioni orografiche della località non regge il dubbio che possa dipendere da degradazione meteorica, da denudazione e tanto meno da taglio di boschi.

Campania. — Il prof. Achille Costa mi disse d'aver osservato nei pressi di *Gaeta*, ad occidente di questa città, uno scoglio a picco, forato dai litofagi fino all'altezza di 40 palmi napoletani, poco più di 10 metri.

Il cav. Sarlo, ingegnere capo del Genio civile, in *Napoli*, m'informa che alla parte orientale del lago di *Licola*

(¹) *Meteorologia endogena*, vol. I, Milano 1879, p. 184.

si scoprirono nei fondi del sig. Correani parecchie antiche tombe che giacevano in uno strato di terreno non superiore al livello del mare. La via *Appia*, che in qualche parte del suo percorso è perfettamente distinta, vedesi scomparire sotto le acque dell'anzidetto lago di *Licola* (comunicante col mare).

Sulla riva meridionale del *Lago Fusaro* (¹) s'incontrano ruderi di antichi edifizi romani, attualmente noti sotto il nome di *Grotte,* i quali in parte sono interrati e in parte sommersi; altri simili si osservano nel punto detto il *Murillo* od anche l'*Imbarcatojo.* Gli uni e gli altri furono ritenuti da O. G. Costa avanzi di terme (²). Senza discutere questa interpretazione, debbo dire in proposito che secondo il mio avviso, tali edifizi, almeno in gran parte, non furono certo fabbricati a sì basso livello, ma vi si trovano per effetto di un avvallamento posteriore. Nè pare inverosimile che l'avvallamento si sia fatto sentire in tempi assai recenti, ciò perchè, durante l'alta marea, le acque raggiungono ora, qualche volta, il livello della banchina che circonda il *Casino Reale,* costruito nel 1782 per ordine di Fernando IV e quindi salgono più alte di quel che non comporti la buona conservazione dell'edifizio e la comodità di chi vi dimorasse.

Tutto il golfo di *Pozzuoli* offre traccie evidentissime di recenti oscillazioni del suolo e a *Pozzuoli* stessa i ruderi del tempio di *Giove Serapide* si citano, nei trattati di geologia, come esempio classico di tali fenomeni.

Senza ripeter qui la descrizione del famoso monumento, ricorderò che la parte più notevole di esso consiste in tre

(¹) Questo lago misura poco meno di 7 chilometri di circonferenza e comunica col *Tirreno* mediante un canale che mette alla spiaggia di *Cuma*, presso *Torre Gaveta.*

(²) Fra le rovine, quasi rasente il pelo dell'acqua, scaturiscono sorgenti di acqua termale.

colonne (altre furono rimosse per adornarne la reggia di Caserta), le quali si trovano ancora nella posizione originaria. Queste colonne, distanti dalla riva del mare non più di una trentina di metri, si trovano ora colle fondamenta loro sotto il livello del mare. Nelle cavità circolari che furono praticate intorno a ciascuna di esse, allo scopo di isolarne le basi, vidi due anni or sono salire l'acqua marina a circa 30 centimetri; secondo il vento dominante e la marea la parte immersa scema od aumenta.

Ma ciò che principalmente colpisce l'osservatore in tali colonne, si è che fino all'altezza di m. 3, 60 dalla base presentano la loro superficie inalterata; mentre fra m. 3, 60 e 6, 30 si trova una zona fittamente bucherellata da molluschi rupicoli e principalmente dal *Lithodomus lithophagus*, le cui conchiglie vedonsi ancora annidate nel marmo.

Dallo studio del monumento compiuto nel primo terzo del secolo dall'architetto Niccolini (¹), emergono le conclusioni seguenti, formulate dal Capocci, che furono accettate dai più autorevoli geologi:

All'epoca in cui il tempio fu costruito, il più antico dei suoi pavimenti (ne ha due, uno sovrapposto all'altro) superava il livello medio del mare di m. 3, 93 (15 palmi napoletani). Nei primi secoli dell'era volgare si trovava solo a m. 1, 70 (6 palmi e mezzo) sullo stesso livello. Nel medio evo, il mare era più alto, rispetto alla posizione dell'accennato pavimento nel 1838, di m. 5, 76 (22 palmi). Al principio del secolo scorso esso era più basso del detto orizzonte di circa m. 0, 65 (2 palmi e mezzo).

Dall'epoca in cui fu edificato fino al medio evo, il tempio si sarebbe avvallato di m. 9, 43 (36 palmi) e dal medio evo fino al principio del XVIII secolo, si sarebbe sollevato di m. 6, 41 (24 palmi e mezzo) e in ultimo, dal

(¹) A. Niccolini, *Memoria sul tempio di Giove Serapide pubblicata nel 1829.*

principio del secolo scorso fino all'epoca in cui osservava il Niccolini si sarebbe avvallato di più di 2 palmi (m. 0,52).

Convertito il tempio in stabilimento termale, il suolo ne fu rialzato per cura del Municipio di *Pozzuoli* nel 1849, nel 1854 e nel 1863. Ora è ordinariamente a secco, ma le acque salse lo invadono ancora durante le grandi mareggiate.

Da ciò risulta che quel punto non è soggetto come tanti altri ad un movimento progressivo determinato, ma ad oscillazioni ora in un senso ora nell' altro.

Tantô per la loro breve durata, quanto per la loro irregolarità, questi movimenti sembrano appartenere ad una classe di fenomeni diversi dai bradisismi normali e nasce spontaneo il sospetto che sieno una immediata conseguenza del vulcanismo, il quale colà si manifesta ad ogni piè sospinto.

Le colonne del tempio di *Nettuno* e delle *Ninfe,* nel medesimo territorio, sono sommerse alla profondità di 5 piedi e da quel punto fino alla base si nascondono nella rena e nel limo.

Fra il *Lucrino* e *Pozzuoli,* si vede un tronco di via romana sommersa. Un altro tratto, coperto di ruderi, si trova lungo la costa di *Sorrento.*

I cosiddetti *Ponti di Caligola* a *Pozzuoli,* i piloni del molo di *Nisida,* gli avanzi delle ville romane di *Baja* e *Miseno,* la casa di campagna detta di *Cicerone*, a *Formia*, sono ora sommersi. La banchina del porto di *Pozzuoli,* che fu rialzata tre volte a memoria d'uomo, è tuttavia quasi sempre sott' acqua (Jervis).

Nella chiesa collocata di fronte ai *Ponti di Caligola* si dovette fare un nuovo pavimento a m. 2, 5 sopra l'antico, acciocchè le acque filtranti pel progressivo abbassamento non rendessero necessario l'abbandono dell'edifizio (Jervis).

Lungo la via di *Baja*, all' *Ospizio* dei *Cappuccini Gerosolimi* ([1]), presso il giardino di *Chiatamone*, alla penisola di *Posilipo*, al palazzo di *Don Anna* e in altri punti del golfo di *Napoli*, vi sono chiari segni che il mare si sia prima ritirato poi avanzato.

Secondo le indagini del sig. G. Belli, al principio dell' era volgare l'apertura della grotta *Azzurra*, nell'isola di *Capri*, doveva essere tutta allo scoperto e otto o nove secoli più tardi si trovava invece completamente sotto il livello del mare. Nella stessa isola, il pavimento del palazzo di *Tiberio* è disceso in alcuni punti al di sotto del livello del mare.

Nell' isola d' *Ischia*, si osservarono lidi marini alzatisi 40 metri sul livello del mare e su questi Philippi e Scacchi trovarono sedimenti ricchi di conchiglie marine quasi tutte identiche alle viventi. Tra le specie raccolte, che sono nel numero di 92, una sola, il *Pecten medius*, non vive più nel vicino mare, ma tuttora esiste nel Mar Rosso ([2]); altre, come la *Tellina striata*, son divenute rarissime, altre, finalmente, sono rappresentate da esemplari comparativamente giganteschi; una *Lucina gracilis* misura, per esempio, 7 centimetri di diametro, una *Ostrea lamellosa* ha 15 centimetri di lunghezza.

Lyell raccolse conchiglie consimili presso la sommità dell'*Epomeo* a circa 600 m. d' altitudine sul mare ([3]).

Siccome assai prima dell' era storica e probabilmente fin dal periodo pliocenico, erano incominciate le conflagrazioni dell' *Epomeo* (l' ultima eruzione di questo vulcano

([1]) L' edifizio di cui si tratta, costruito originariamente sopra una piccola lingua di terra, è ora isolato dal mare; in oltre, i flutti hanno invaso le sue stanze terrene.

([2]) Per motivi che sarebbe ora intempestivo lo esporre, reputo assai incerta la determinazione di questa specie.

([3]) *Manuel de géol. élément.*, I, Paris 1863, p. 206.

cui sia certa la data risale al 1302), non possiamo esimerci dal considerare il sollevamento di cui si tratta come diretta conseguenza del vulcanismo.

Pei lavori testè compiuti per l'innalveamento del fiume *Sarno,* si trovarono nelle campagne, a valle della via da *Torre Annunziata* a *Castellamare,* presso i mulini *De Rosa,* resti di antichi edifizi, dipendenze di *Pompei,* nei quali il pavimento si trovava omai ad un livello più basso di quello del mare; ciò secondo verbali notizie comunicatemi dall' ing. Sarlo.

Costa occidentale della Calabria. — Riguardo alle coste calabresi, si accerta che la marina di *Paola* non presenti sensibile mutamento. Al *Pizzo* e a *Santa Venere* invece, l'interrimento è assai ragguardevole; ma è superato, a quanto sembra, da quello che si produce a levante del *Capo Suvero.* Ivi, esisteva alcuni anni or sono una insenatura, nella quale solevano trovar rifugio, durante le traversie, bastimenti di medio tonnellaggio; oggi, sbarrato il seno da una diga sabbiosa, si è convertito in stagno paludoso.

A *Tropea,* l'avanzamento della spiaggia si verifica sopra una larga scala, mercè il copioso tributo che i tre fiumicelli *Scimia, Mersubio* e delle *Grazie* apportano alla sedimentazione; la città, che era lambita dal mare, ne dista ora di 50 a 60 m.

Si accrescono generalmente anche le spiaggie di *Gioia* e *Nicotera,* ma in modo irregolare e saltuario, cioè più o meno secondo la stagione e i venti dominanti; anzi si vuole che, quando, nell' inverno, spirano per lungo tempo i venti di ponente, la costa si ritiri. A *Pietra Nera,* un forte eretto dai Francesi sopra un'area circondata dal mare, si trova ora entro terra, ad una trentina di metri dal battente di esso. Localmente, si attribuisce alla spiaggia un avanzamento di m. 0,80 all' anno. Lungo il lido di *Palmi,* invece, a *Bagnara Palmi,* il mare determina spesso delle

frane nella costa rocciosa facile a sgretolarsi. La spiaggia si avanza alla *Marinella* (ivi l'aumento è di circa mezzo metro all'anno), nonchè fra *Palmi* e *Pietra Nera*.

Nel seno di *Scilla,* secondo osservazioni comunicatemi dal sig. Rossari ufficiale della R. marina, il mare si ritira in ragione di circa m. 0,50 all'anno. Sembra che anche il fondo fra *Pace* e *Scilla Castello* sia in via di diminuzione. A nord del *Castello,* cioè a *Favazzina,* la spiaggia arenosa subisce un aumento progressivo che fu in 10 anni di ben 50 metri. Era stata mossa lite dal demanio dello Stato ad un possidente di quel territorio, perchè aveva costruito un muro a soli 25 metri dal battente del mare; in 5 anni ogni motivo di contestazione scompariva, poichè il muro, oggetto della causa, si trovava ormai alla debita distanza di 50 metri dal mare ([1]). Si attribuiscono in generale questi mutamenti ai materiali depositati dal mare, cui, in gran parte, sarebbero recati dai torrenti. Ma, senza escludere la parte che la sedimentazione può avere in tali fenomeni, essi mi sembrano troppo generali per essere indipendenti dal bradisismo che si esercita in tutta quella regione.

Il sig. Pio Mantovani avrebbe osservato indizi di un recente abbassamento nella parte S. e S. O. della provincia di *Reggio Calabria*. Questo movimento si sarebbe verificato dopo il gran sollevamento cominciato sul finire dell'astiano, continuandosi fin quasi ai nostri tempi ([2]).

Corsica. — Passando a trattare delle grandi isole italiane, è primamente da osservarsi che il lido orientale della *Corsica* presenta, secondo i rilievi di Dufrenoy, Pareto e Hollande, depositi quaternari marini emersi che attestano un sollevamento, al quale non saprei attribuire una data

([1]) Si vuole che poco lunge la costa rocciosa non abbia subito mutamenti; ma è più probabile che, essendo comparativamente assai lievi, non li abbiano avvertiti.

([2]) *Bollettino del Regio Comitato geologico,* 1878, p. 468.

sicura. Altro fatto, osservato nella medesima isola, accenna ad un fenomeno della stessa natura, verosimilmente posteriore. Nello stagno di *Diana,* lungo la costa orientale, si trova un isolotto (tutto formato di gusci d'ostriche, riferibili alla specie vivente più comune nel vicino mare), il quale misura circa 350 metri di circuito, con un' altèzza media di 2 metri ed una massima di 25 metri sul livello del mare. Alcuni autori ravvisano in esso un gigantesco *Kjökkenmödding,* cioè avanzi di pasti accumulati per lungo volgere di tempi da una popolazione preistorica, mentre la tradizione locale ammette che sia formato dai gusci delle ostriche raccolte colà, sotto il dominio romano per essere salate e spedite alla capitale. Siccome in quel banco non si trovano traccie dell'industria umana, e le ostriche di cui risulta hanno per la massima parte le due valve unite e quindi non furono aperte per servire ad uso di commestibile, se ne può argomentare che le due ipotesi precitate non hanno alcun serio fondamento e che l'isolotto di *Diana,* è semplicemente un banco naturale emerso. Questo è appunto l'avviso del barone Aucapitaine, osservatore competente (1).

Sardegna. — Si deve ad A. Lamarmora uno studio accuratissimo delle formazioni quaternarie della *Sardegna* che attestano recenti ed estesi sollevamenti avvenuti in quell'isola (2). Dalla descrizione che egli diede di queste formazioni estraggo i cenni seguenti che giovano al mio assunto:

Alla estremità settentrionale della *Sardegna,* presso i capi del *Falcone* e della *Marmorata,* un *grès* quaternario ricopre il fondo di parecchie valli scavate nel granito, estendendosi alquanto entro terra (non si estende però oltre due miglia dalla costa).

(1) Aucapitaine, *Formation huitrière dans l'étang de Diane (Corse), Journal de Conchyliogie,* 1863, p. 389.

(2) *Voyage en Sardaigne,* troisième part., I, Paris 1857, p. 351 e seg.

Qui giova avvertire che due propaggini della *Sardegna* prossime a *Caprera* portano i nomi d'isola di *Porto Puzzo* e d'isola dei *Cavalli;* da ciò si potrebbe arguire che si trovarono in tempi non lontani nella condizione insulare, e siccome su quella costa gli interrimenti sogliono essere scarsi, non è infondato il dubbio che le terre anzidette sieno *penisole di sollevamento.*

Un lembo superficiale di *grès* s'incontra nell'isola della *Maddalena;* poi da quel punto fino a *Cagliari,* non si ritrova, lungo la costa orientale, che presso *Orosei,* e qui con dubbio. Alla *Tavolara;* esso si mostra però coi suoi caratteri normali e acclude fossili frammentari dei generi *Cardium, Spondylus, Anomia, Arca, Venus.* Colà, è da notarsi che la dolomia cretacea, sottoposta al terreno quaternario, è forata dai litofagi fino a circa 10 metri sul mare. La *Venerupis irus,* e la *Petricola lithophaga,* hanno lasciato le loro spoglie nei fori.

Traccie di terreno quaternario si riconobbero all'*Asinara* presso *Portotorres,* ove furono segnalate da Collomb [1].

In complesso, il *grès* quaternario costituisce un orizzonte molto ben definito, che si mostra con caratteri costanti in molte località. Esso è assolutamente indipendente dai terreni che ricopre; i fossili cui dà ricetto hanno quasi sempre conservato il colore e gran parte della materia organica; alla sua base, offre ciottoli di roccie diverse, il che indica una perturbazione delle condizioni geologiche fra i depositi terziari superiori e i quaternari.

Sono notevoli inoltre la connessione dell'arenaria colla zona forata dai litofagi a circa 10 m. d'altitudine, le sue transizioni ai sabbioni che bene spesso l'accompagnano, la sua posizione sempre littorale.

Verso la pianura d'*Aresi*, al *grès* succede un calcare gros-

[1] *Bulletin de la Société géologique de France,* tome II, p. 70.

solano, biancastro, gremito di conchiglie marine, poco alterate, che Lamarmora reputa contemporaneo a quello di *Palmas*, presso *Cagliari*, e un po' più recente dell'arenaria.

A *Fontana Morimentu*, in quel di *Gonesa*, la solita arenaria ha ciò di particolare, che si trova ad oltre un miglio dal mare e che i suoi strati sono discordanti fra loro; essa passa ad un sabbione giallo che si vede pure nel *Sulcis* alla base dei monticelli trachitici di *Porto Scuso*. La medesima associazione dell'arenaria colla sabbia è visibile nella parte piana e orientale della penisola di *Sant'Antioco* e in altri luoghi vicini. Al nord e all'ovest il *grès* è dominante e i suoi banchi minati dal mare, alla base, strapiombano.

Allo sbocco della valle di *Flumini Maggiore*, havvi una grande accumulazione di arene quaternarie, a guisa di dune, sotto la quale spuntano qualchevolta i *grès;* un deposito analogo è segnalato presso la cappella di *S. Nicolò*.

Nella baia di *Fontanaccio*, il *grès* quaternario è notevole per la discordanza della sua stratificazione, pei ciottoli basaltici che contiene e perchè non è attraversato da filoni porfirici come i terreni sottostanti.

Piccoli lembi del medesimo terreno s'incontrano al nord di *Fontanaccio*, alla torre di *Flumentorgiu*, presso il promontorio della *Frasca*, non lunge dal punto detto lo *Schiavone*, nei dintorni della *Torre vecchia di S. Giovanni di Sinis* (sul promontorio di *S. Marco*), nei punti detti *Leleche* e *La Speranza*, lungo la costa prima di giungere in *Alghero*, a mezzogiorno di questa città di fronte al bastione dello *Sperone* (1), nella pianura dei dintorni d'*Alghero*

(1) Da questo punto provengono i seguenti fossili: *Maja squinado*, Latr. — *Turbo rugosus*, Lin. — *Triton corrugatum*, Lam. — *Murex plicatus*, Brocchi — *Columbella rustica*, Lam. — *Pectunculus pilosus*, Lam. — *Cladocora cespitosa*, M. Edw.

verso oriente, nell'isolotto della *Maddalena,* entro il porto stesso di *Alghero,* sul versante occidentale del *Monte Doglia* (ad oltre 100 m. d'altitudine) non lungi dalle torri del *Porticciuolo di Spagna,* nella insenatura del porto *S. Nicolò* della *Nurra,* come pure nell'interno dei territori dell'*Argentiera* della *Nurra.*

Fra le località enumerate, merita di essere segnalata quella della *Torre vecchia di S. Giovanni,* perchè ivi sono scavate le tombe della necropoli di *Tarrhos,* che hanno somministrato sì preziosi cimeli egizi e fenici, da che si inferisce che l'arenaria sia più antica dei tempi storici. Essa acquista notevole sviluppo lungo la costa settentrionale prima di *Castel Sardo;* un lembo ve ne ha poi nei pressi di *Longonsardo,* e lungo la strada fra *Santa Teresa* e *Tempio* e qui presenta la particolarità di essere coperta da un calcare marnoso d'acqua dolce, ricco di *Helix, Paludina, Planorbis, Limnaea* e d'altri fossili quaternari. Alla penisola della *Testa,* come al capo *S. Marco,* allo stagno di *Barcé,* presso l'*Argentiera* della *Nurra,* la roccia quaternaria si converte in sabbioni. Nell'istmo che congiunge la penisola della *Testa* alla *Sardegna,* il *grès* è ricco di fossili e questi si riferiscono alle specie: *Turbo rugosus,* Lin. — *Conus Mediterraneus,* Brug. — *Lima squamosa,* Lam. — *Pectunculus insubricus,* Brocchi. — *Spondylus gaederopus,* Lin. — *Venus chione,* Lin.— *Escharina cyclostoma,* M. Edw.

Nella penisola di *S. Elia* a sud-est di *Cagliari,* nel punto detto *Is Mesas* (*Le Tavole*), si trova un *grès* quaternario il quale acclude alla sua parte inferiore ciottoli di roccie terziarie, forati dai litofagi ed incrostati di produzioni marine e si adagia sopra stratificazioni plioceniche, assai inclinate. Insieme a quei ciottoli, si trovano conchiglie marine che hanno conservato gran parte dei loro colori, quantunque sieno ben spesso logore e rotte. Le specie

determinate sono: *Spondylus gaederopus,* Lin. — *Ostrea praegrandis,* Phil. — *O. plicatula,* Lin. — *Conus Mediterraneus,* Brug. — *Lima squamosa,* Lk. — *Cardium edule,* Lin. — *C. tuberculatum,* Lin. ecc. (¹).

Piccoli lembi della stessa arenaria s' incontrano al sud-est, sotto *Torre di Cala Fighera* e alla parte inferiore del pendio orientale della stessa penisola di *S. Elia.* Da *Is Mesas* fino a *Cagliari,* seguendo la via più diretta della pianura, essa si scorge ancora, coperta di uno strato rossastro, sotto la terra vegetale; poi apparisce nell' isoletta di *S. Simone,* in mezzo allo stagno di *Cagliari,* e sulle rive dello stagno, verso *Santa Gilla* e il ponte del *Fangario,* come pure lungo la via d'*Iglesias.*

Alla estremità occidentale del golfo di *Cagliari* e a ponente del promontorio di *Pula* e della chiesa di *S. Effisio,* nella parte opposta della baia, il *grès* quaternario forma una sorta di molo naturale, in cui si trovano antichi scavi, d' onde probabilmente furono tratti i materiali per la costruzione della città di *Nora,* attualmente distrutta. I suoi ruderi, che risalgono alla dominazione fenicia, hanno mirabilmente resistito all' ingiuria del tempo. Ivi il *grès* giace, a quanto pare, sulla trachite anfibolica.

Altra arenaria consimile si trova sugli scisti siluriani del capo *Teulada,* alla grotta del *Biscotto,* ove i suoi strati orizzontali, scavati alla base strapiombano sul mare (*fig.* 19).



Fig. 19.
Sezione alla *Grotta del Biscotto, Capo Teulada* (Lamarmora).
a. arenaria *l.* livello del mare

Oltre il *Capo Teulada,* verso il nord, e precisamente a mezzogiorno del *Monte Zani,* si vedono lembi di quel *grès* molto sollevati e contorti. A breve distanza dalla costa, esso passa gradatamente a

(¹) *Bulletin de la Société géologique de France,* tome XII, p. 734.

certe dune di arena bianco-giallastra che coprono roccie antiche.

Fra *S. Elia,* presso *Cagliari,* e la collina di *Monreale,* si osserva, al di sopra del grezzone quaternario, una crosta argillo-calcare, rossastra che acquista, presso quest'ultimo punto, uno sviluppo sempre maggiore. Vicino al mare, siffatta crosta acclude moltissime conchiglie marine, in guisa da formare una sorta di lumachella; ad un certo tratto nell'interno scompariscono le conchiglie di mare e sottentrano gusci di molluschi terrestri; quindi, sulla cima del *Monreale,* il deposito passa ad una breccia ossifera.

La crosta rossa si riconosce ora sul terziario, ora sul quaternario, in molti punti del territorio di *Cagliari* e si aderge fino alla sommità del monte della *Pace.*

I dintorni di *Cagliari* offrono un istruttivo esempio di spiaggia sollevata, il quale fu maestrevolmente illustrato da Lamarmora [1].

A mezzogiorno della città, a *S. Bartolomeo* e nei pressi delle saline di *La Palma,* si vede a piccola altezza sul mare e sotto un grosso letto di terra vegetale un terreno biancastro, tutto gremito di conchiglie marine, di specie viventi, assai fresche. Questa formazione, che è quasi orizzontale e appena si solleva sul livello del mare, si ritrova nel piano che separa *Cagliari* dai villaggi di *Quartuccio* e *Quarto* e poi, grado grado più elevata, sulle colline vicine, fino ai monti della *Pace* e di *S. Michele.* Nel punto d' intersezione della via maestra di *Sassari* con quella d'*Iglesias*, l' altitudine del deposito è di m. 11,74, alla casa di campagna degli *Scolopii* è di m. 24,63, nella vigna del marchese d'Arcais è di m. 46,15, sul fianco occidentale del monte della *Pace* è di m. 73,69. Finalmente, si trovano ancora conchiglie sparse a m. 74,57 nella rotonda della passeg-

[1] *Opera citata,* p. 374.

giata del *Buon Cammino* e a m. 98,36 sulla vetta del monte della *Pace*.

Nella parte più bassa, cioè presso *S. Bartolomeo* e le saline della *Palma,* il deposito contiene:

Triton nodiferum, Lam. — *Murex trunculus,* Lin. — *Nassa reticulata,* Fleur. — *Conus Mediterraneus,* Brug. — *Cerithium vulgatum,* Brug. — *Lutraria rugosa,* Lam. — *Solen vagina,* Lin. — *Tellina planata,* Lin. — *Mactra stultorum,* Lin. — *Petricola fragilis,* Mich. — *Venus verrucosa,* Lin. — *V. Chione,* Lin. — *V. decussata,* Lin. — *Lucina lactea,* Lam. — *L. fragilis,* Phil. — *Cardium edule,* Lin. — *C. rusticum,* Chem. — *C. tuberculatum,* Lin. — *Arca Noae,* Lin. — *Pinna tetragona,* Brocc. — *Spondylus gaederopus,* Lin. — *Ostrea edulis,* Lin.

Il sentiero che conduce dallo stagno di *Pauli Pirri* a *Cagliari* offre una sezione del deposito conchiglifero, nella quale furono raccolte, all'altezza di circa 30 metri sul livello del mare, parecchie delle specie summentovate. I mitili vi sono abbondantissimi, e in certi punti formano come striscie violacee sul terreno. Questi, come pure i *Cardium,* le *Venus* e le ostriche, avevano le loro valve riunite, da che si inferisce che non servissero di pasto all'uomo. Le conchiglie di questa località sono spesso inquinate e ripiene di terra ocracea rossa, cioè di quel materiale che suol ricoprire il deposito quaternario. Lamarmora vede in ciò una prova che il limo quaternario è posteriore all'arenaria e come questa di origine marina. Ma i fossili più notevoli raccolti da Lamarmora in questo banco conchiglifero sono cocci di rozze stoviglie indubbiamente preistoriche, contenenti nella pasta loro granelli di quarzo.

Presso la vigna *D'Arcais* il terreno conchiglifero è ugualmente ricco di fossili, appartenenti per la massima parte alle specie già registrate. Ivi, fra le ostriche in posto, gran parte delle quali presentavano le valve loro ancora

congiunte, Lamarmora raccolse una sferetta di terra cotta forata; cioè uno di quei fittili che i moderni paletnologi domandano fusaruole. Avvertendo che il suo foro è alquanto logoro come se avesse girato attorno ad un asse, e che vi si vedono traccie di logoramento anche lungo uno dei circoli massimi, egli considera quest' oggetto come un peso da rete.

Hahn reputa inverosimile che dalla comparsa dell'uomo in *Sardegna,* anzi dall' età neolitica cui corrisponde l' uso dei primi fittili, il suolo dell' isola abbia subito un sollevamento di 98 m. Egli ritiene che resti di *kjokken-mödding* o di *sambaqui* sieno stati confusi con antiche linee litorali. Mentre io divido il dubbio di Hahn, non sono in grado di emettere un parere fondato perchè non conosco la località. Tuttavolta, mi sembra probabile che, se vi fu errore nelle osservazioni di Lamarmora (investigatore d'ordinario sagacissimo), dipenda non già dall' aver preso accumulazioni di residui formati dall' uomo per un deposito marino, ma piuttosto dall' aver attribuito a torto ad un tal deposito cocci ed altri oggetti di estranea provenienza e di data assai più recente.

La continuazione del deposito sopradescritto fu rinvenuta sotto la terra vegetale nelle proprietà d'*Elmas* e d'*Asseminis,* all' estremità del *Campidano,* oltre *Oristano* verso *Cabras,* nonchè tra *Cabras* e *Riola* nei territori di *Solanas* e *Donigala.*

Si trovano poi valve sciolte di conchiglie recenti sparse in molti luoghi circostanti e perfino sulla cima del monte *Olladiri* di *Monastir,* a 200 m. d' altitudine e sopra una collina che domina *Iglesias* a 324 m. d' altitudine. Queste potrebbero essere residui di pasti; ma più probabilmente, secondo Lamarmora, appartengono a qualche lembo estremo del deposito summentovato.

Secondo Lamarmora, gli stagni salsi di *Sanluri, San*

Gavino e *Serrenti,* nel *Campidano,* ora artificialmente prosciugati, potrebbero essere i resti di un braccio di mare, separato dal mare aperto per effetto di un innalzamento che diede origine alla spiaggia sollevata di *Cagliari.*

Lo stagno di *Sanluri* misurava una circonferenza di 15 chilometri ed era situato a circa 76 metri d'altezza sul livello del mare.

Sicilia. — L'estremità occidentale della *Sicilia,* che sembra terminarsi in tronco col lido di *Trapani* e di *Marsala,* si protende tuttavolta sott'acqua, mediante bassi fondi che raggiungono le isole *Egadi;* fra questa e il *Capo Bon,* in *Tunisia,* intercedono poi acque poco profonde, sparse di banchi, in cui, con lieve sforzo di fantasia, possiamo ravvisare i resti di un ponte che già congiunse l'Africa alla *Sicilia.*

Tuttavolta, se questo ponte vi fu e se andò sommerso in virtù di uno di quei lentissimi movimenti del suolo che volontieri invochiamo per spiegare simili mutamenti nella configurazione geografica delle terre e dei mari, convien credere che il fenomeno cui si attribuisce la sua scomparsa sia cessato, e che un nuovo movimento in senso inverso abbia sostituito il primo fin dai più remoti tempi storici.

Infatti, come giustamente osserva Theobald Fischer [1], quel litorale, si potrebbe dire ugualmente il litorale di tutta la *Sicilia,* ha subito di recente un grande accrescimento e ancora si trova in via di aumento.

Dalla relazione della battaglia, avvenuta durante la prima guerra punica, fra una flotta cartaginese e 123 triremi romane, nelle acque di *Trapani* (parte nel porto, parte fuori) e dall'ispezione dei luoghi, Fischer argomentò che il fondo marino si sia colà notevolmente alzato, senza che questo

(1) *Beiträge zur physischen Geographie der Mittelmeerländer besonders Siciliens,* Leipzig 1877.

fatto possa ragionevolmente attribuirsi alla sedimentazione.

La carta idrografica della *Sicilia* rilevata dall' ammiraglio Smyth nel 1815, reca, nella parte relativa alla costa occidentale, certe particolarità di configurazione che attualmente sono affatto mutate ([1]). Due piccole baie a mezzogiorno di *Trapani* più non esistono. Mancano alla carta alcune isolette che ora sono emerse in ogni tempo, e quasi ovunque le quote di profondità vi appariscono maggiori di quello che sono attualmente. Il canale che conduce l'acqua marina nelle saline, a mezzogiorno di *Trapani*, si dovette ogni due o tre anni rendere più profondo, acciocchè adempiesse al proprio ufficio, quantunque in origine la sua profondità fosse maggiore della necessaria.

La penisola di calcare secondario sulla quale sorge la città di *Trapani* fu già, un' isola e, secondo Fischer, la sua riunione alla *Sicilia* avvenne probabilmente nei tempi storici; similmente, la conversione delle paludi che la circondavano in terre asciutte è pur fatto recentissimo.

Procedendo verso mezzogiorno, abbiamo a segnalare nello *Stagnone di Marsala* profondi mutamenti, avvenuti in tempi storici, i quali emergono dalle ricerche istituite in proposito da T. Fischer, colla scorta degli antichi scrittori e specialmente di Diodoro Siculo ([2]). Fra l'antica isola di *Motye*, ora di *S. Pantaleo*, e la costa sicula si trovava, nel quarto secolo prima dell' era volgare, un canale profondo 15 piedi e all' interno vi erano spazio e fondo sufficienti perchè vi potessero manovrare flotte di centinaia di navi puniche e romane. Ora, fra l'isola e la costa che le sta di prospetto, transitano carri, e solo un angusto canale è riservato alle piccole barche. Nel rimanente

([1]) Fischer, *Opera citata*, p. 17.
([2]) *Opera citata*, p. 17.

dello *Stagnone*, poi, non vi ha che un punto a mezzogiorno di *S. Pantaleo* in cui il fondo raggiunga un braccio. Anche dalla precitata carta dello Smyth si desumono analoghi cangiamenti: in essa l' ingresso dello *Stagnone* dalla parte di *S. Teodoro* apparisce più ampio che non al presente; l' isoletta di *Santa Maria* vi è appena indicata e l'odierna *Isola Grande* vi figura in tre pezzi, uno dei quali ha lasciato il propro nome di *I. Borrone* all' estremità settentrionale dell'*I. Grande*.

Fischer si assicurò che il fondo dello *Stagnone* risulta in gran parte di roccia viva, come già aveva osservato poco prima una commissione incaricata di uno studio di quel bacino in vista della piscicoltura (1), e crede quindi escluso il dubbio che nella accennata diminuzione di profondità abbiano avuto parte gli interrimenti. Da quanto precede, egli conclude che gran parte della costa siciliana abbia subito, durante i tempi storici, cioè da 2300 anni, un sollevamento di 4 a 6 metri, il quale fu forse meno sensibile lungo il lido settentrionale. Egli dubita però che a mezzogiorno siffatto movimento si sia fatto sentire e ciò specialmente perchè l'attuale isola del *Capo Passero* figura sulle antiche carte come unita alla terra vicina. L'azione meccanica del mare, potentissima, colà, ove l' impeto delle onde non è frenato da alcun riparo, deve essere stata la causa, secondo Fischer, per la quale l' istmo, formato verosimilmente di materia sabbiosa, andò distrutto (2). Ma io osservo che il *Capo Passero* è il punto della *Sicilia* più prossimo all' arcipelago maltese, in cui le traccie di recente depressione sono evidenti; e questa coincidenza av-

(1) Giova notare per incidenza come tanto Fischer quando la suddetta commissione, cercarono invano i resti della diga artificiale che collegò *Motye* alla *Sicilia*, resti che taluno disse di aver veduti anche ai tempi nostri.

(2) *Opera citata*, p. 21.

valora in me il sospetto che ivi l'erosione marina possa aver secondato un bradisismo.

Il prof. Gemellaro, dopo aver diligentemente esplorato la grotta di *Carburanceli*, in *Sicilia*, rimase persuaso che durante il periodo quaternario il litorale della *Grazia* di *Carini*, insieme alla grotta suaccennata, subì un sollevamento assai ragguardevole. Molte altre osservazioni tendono a dimostrare che questo movimento fu generale, e tuttora si continua.

Nei dintorni di *Palermo*, un antico sollevamento si manifesta con una serie di terrazzi scaglionati in riva al mare. In corrispondenza di uno degli antichi livelli marini è scavata nel calcare cretaceo, a 60 metri d'altitudine, la caverna di *S. Ciro* che somministrò sì ricco tributo alla paleontologia quaternaria. Sotto una breccia che racchiudeva copiosi avanzi di mammiferi fossili (ipopotami, elefanti, ecc.), si trovò un letto di sabbia con testacei marini recenti e, verso l'esterno, un deposito di ghiaie e coralli con ostriche e pettini. La roccia viva che costituiva il fondo della grotta era poi tutta forata dai litofagi e portava ancora incrostazioni di serpule.

A settentrione della città, a piè del monte *Pellegrino*, si vedono cave aperte nella arenaria quaternaria. La più notevole di queste è la cava di *Nerasu* all'*Acquasanta*. Ivi si trova un banco di panchina di circa 3 metri di potenza, presso a poco orizzontale, e alla sua parte inferiore contiene numerosi ciottoli, alcuni dei quali perforati; al di sotto, si osservano in stratificazione concordante banchi di calcare pliocenico. Inferiormente, apparisce un deposito più recente, ricco di conchiglie marine, dovuto al riempimento d'una cavità riferibile al periodo delle spiaggie emerse (posteriore all'arenaria quaternaria). Questo banco si trova all'altezza di 8 metri sul livello del mare (¹).

(¹) Lamarmora, *Opera citata*, p. 347.

Secondo autorevoli documenti storici, il porto di *Palermo* era assai più vasto e profondo nell'antichità che non attualmente e Fischer ritiene che l'opera della sedimentazione e l'accumularsi dei materiali reietti dalla grande città non bastino a spiegare il prosciugamento di quella porzione di esso che penetrava più addentro fra le terre. Anche attualmente la costa si accresce d'innanzi alla città, come lo dimostra la spiaggia formatasi di contro alle fortificazioni testè in gran parte demolite.

Ma son forse più stringenti a pro' della tesi sostenuta dal Fischer gli argomenti che egli desume dalle mutate condizioni dell'*Oreto*. Al principio del XII secolo, l'ammiraglio del primo re normanno, Giorgio d'Antiochia, fabbricò sul fiume, in allora assai più ricco d'acque, un magnifico ponte a 12 archi, il quale perciò si chiama *Ponte dell'Ammiraglio*. Ora, sotto uno degli archi scorre solo un piccolo ramo dell'*Oreto,* condottovi artificialmente in servizio d'un mulino; mentre il letto principale del fiume si trova a 130 m. a mezzogiorno, ad una altezza di 7 a 8 m. sopra il primitivo.

T. Fischer crede probabile che il sollevamento del *Capo Milazzo* si continui anche nell'attualità. Su questo punto, come pure intorno ad altri della provincia di *Messina,* ricevo dal mio collega prof. G. Seguenza alcuni importanti ragguagli che testualmente trascrivo:

« 1.° Un primo dato si osserva al Capo *Taormina.* Quel territorio è formato in gran parte di roccie calcaree e dolomitiche cristalline saccaroidi e compatte, che rappresentano una serie molto importante che va dal trias sino al neocomiano, probabilmente senza interruzione; ancora mancano i dati paleontologici di vari piani, ma ci sono a sufficienza quelli del retico, del lias medio, del lias superiore, del titonico e del neocomiano. Quelle roccie si ergono ripidissime e talvolta verticali sulla superficie

delle acque del mare ed offrono, all'altezza di qualche metro o poco più, dei solchi orizzontali, continuati per buoni tratti, cui sono associati fori di litofagi.

» Sulla spiaggia medesima sporge appena ad un metro, nella sua massima elevazione, sul pelo delle acque, una specie di recentissima panchina, costituita da ghiaia cementata da incrostazione calcare, e in quella roccia se non m' inganno credo di aver veduto frammenti di mattoni.

» Roccia analoga esiste in tutto il litorale messinese e qualche scrittore asserisce essersi trovati in essa degli scheletri umani.

» 2.° Dati consimili si osservano sulla costa settentrionale.

» Al capo di *Milazzo*, le roccie si presentano elevate e ripide; alla base sono roccie cristalline, in alto sono calcari del miocene e marne plioceniche più o meno sabbiose, e la serie si termina con sabbie recenti che racchiudono una fauna di specie tutte viventi nel prossimo mare, con depositi terrestri che le ricuoprono.

» Inoltre, le marne plioceniche, là dove sono tagliate a picco, offronsi solcate orizzontalmente ed invece, verso l'estremità del capo, dal lato ovest, le marne medesime formano come una gradinata, come dei piccoli e successivi terrazzi, formati evidentemente dalla corrosione che si operava nel mentre il capo emergeva dalle acque, e quindi l'azione delle onde portavasi successivamente dal livello più alto al più basso.

» 3.° Sulla lingua di terra che cinge il nostro porto, il suolo elevasi appena di qualche metro e mostra evidentemente la sua recentissima origine, perchè scavato per la formazione del bacino di carenaggio, si vide che, fino ad una profondità alquanto considerevole, è costituito d'un deposito marino, formato d'un ammasso di conchiglie tutte viventi li presso e di alghe alterate. Ciò

dimostra abbastanza la recentissima età del deposito in parola » (¹).

Carlo Gemellaro accennò al lento sollevamento del territorio compreso fra *S. Alessio* e *Taormina.* Da canto suo, Giorgio Gemellaro pose in chiaro, fin dal 1857, che la costa orientale della *Sicilia* dal *Simeto,* fino ad *Alcantara,* ha subito un recente sollevamento, il quale raggiunge ai *Faraglioni* un'altezza di ben 13 m. (²).

Sartorius di Waltershausen stima che l'*Etna* si sollevi presso a poco di un metro all'anno. Ricavo questa indicazione dal libro precitato del signor Theobald Fischer (³), che comprende un interessante capitolo intorno ai movimenti del litorale siculo.

Il prof. Stoppani osservò pure ampi terrazzi regolarmente sovrapposti in vari tratti della Sicilia e specialmente tra *Catania* e *Girgenti.* Presso *Augusta*, sono da notarsi alcune caverne che il mare sta presentemente scavando alla base del terrazzo inferiore ed altre che furono praticate dalle onde a livelli più alti e in tempi da noi lontani.

Lo Stoppani soggiunge, a proposito dei terrazzi della *Sicilia* e della *Calabria*, che appartengono ad un sistema recentissimo. « Terrazzati, egli scrive, sono i terreni terziari posteriori all'eocene e più distintamente ancora i terreni quaternari, nominativamente i calcari marini riferiti all'epoca glaciale. Ciò indica che il sollevamento più recente, quello che diede l'ultima mano all'edifizio degli attuali continenti, ebbe lunghi e molteplici periodi d'intermittenza » (⁴).

(¹) Il prof. Seguenza m'informa che le notizie surriferite furono già da lui esposte in una memoria intitolata: *Notizie succinte intorno alla costituzione geologica dei terreni terziari del distretto di Messina,* parte prima, Messina 1862.

(²) *Atti dell'Accademia Gioenia,* II serie, t. XIV.

(³) *Beiträge zur physischen Geographie der Mittelmerländer besonders Siciliens,* Leipzig 1877.

(⁴) *Corso di geologia,* vol. III, p. 308.

L'ingegnere Travaglia, uno degli autori della carta geologica della *Sicilia,* mi comunicò verbalmente d'aver osservato a mezzogiorno di *Catania* tufi basaltici conchigliferi, recentemente sollevati sopra il livello del mare e presso *Pachino,* una panchina emersa di pochi metri contenente conchiglie marine recenti.

Nel golfo di *Siracusa,* rupi erose dal mare si trovano a quanto mi accertò il capitano di fregata Castelluccio a notevole altezza sulle acque.

Su quel litorale, d'altronde, il fatto del sollevamento è anche accennato dalla tradizione, perciocchè molte piccole penisole si denominano isole; tal'è l'isola di *Magnisi* che pure è connessa alla *Sicilia* da un istmo di sabbia.

Isole Eolie. — Non saprei dire se nell'arcipelago delle *Eolie* si eserciti un bradisismo discendente; ma è certo che in quelle isole l'azione distruggitrice del mare si fa sentire con grande energia. A *Stromboli* i poveri isolani vedono il mare invadere poco a poco i loro vigneti e scalzar dalle fondamenta le loro case, ciò massime dalla parte di levante. A *Lipari* si verifica lo stesso fatto, in proporzioni forse maggiori; colà il progresso del mare si computa in ragione di circa un metro all'anno, per cui a brevi intervalli di tempo talune proprietà sono distrutte e ad altre, che pur sembravano sicure dal flagello, sovrasta la stessa sorte. Nè si rimane immune l'isola di *Salina,* che anzi a *Santa Marina,* tra la chiesa e la punta detta *Lancie,* le onde hanno già diroccate molte case e cominciano a battere in breccia alcune altre di quelle più prossime alla riva, talchè gli abitànti ad ogni mareggiata paventano nuove rovine. E così nelle altre, senonchè in alcune il progresso del mare sembra da qualche tempo rallentato se non cessato del tutto (1).

(1) Ebbi i ragguagli surriferiti dalla cortesia del sottotenente di vascello della R. Marina sig. Rossari.

Il comandante Carlo Rossi, che per lungo tempo diresse i lavori idrografici della R. Marina, trovò che tra *Lipari* e *Messina,* in luogo del banco *Exmouth,* segnato sulle carte di Smyth, esisteva una estesa depressione a pareti ripide, della profondità di 500 a 1000 m. Dall'interno di questa depressione lo scandaglio trasse materie vulcaniche.

Il fenomeno che produsse in breve tempo siffatto mutamento nel fondo fu forse rapido ed ebbe probabilmente origine da qualche conflagrazione vulcanica sottomarina. Così, mentre mi sembra opportuno di ricordarlo in questa occasione, non credo che debba essere registrato fra i bradisismi.

Malta. — Il gruppo di *Malta* costituito di tre isole basse e pianeggianti (*Malta, Gozzo* e *Comino*), sembra connettersi da una parte alla costa orientale ed occidentale della *Sicilia* mediante bassi fondi, dall'altra all'Affrica mediante una catena d'isole che sono: *Linosa, Lampedusa, Lampione* e le isole *Kuriat* presso *Susa.* Siffatta condizione può essere riguardata come indizio di antiche comunicazioni tra *Malta* e le terre situate a settentrione e ad occidente. Vuolsi però avvertire contro tale ipotesi, come si incontrino mari profondissimi tra *Lampedusa* e *Linosa*, nonchè fra quest'isola e *Malta.* Fra il litorale siculo e il maltese, invece, le profondità sono generalmente assai minori, ciò massime al nord del *Capo Hurd,* ove il fondo, allontanandosi da terra, va declinando assai lentamente.

L'ipotesi che una terra, ora scomparsa, abbia connesso per alcun tempo l'Affrica alla *Sicilia* a sud-ovest di questa isola non è inverosimile. Prescindendo dagli indizi paleontologici, che son tali e tanti da acquistar quasi il valore di prove, la fauna vivente dell'arcipelago maltese (massime la malacologica) appena differisce per un esiguo numero di specie peculiari dalla sicula meridionale. Oltre a ciò,

accennano ad una tal comunicazione una estesa catena di bassi fondi, diretta da nord-ovest a sud-est, la quale comprende lo *Sherki Bank,* altri minori a levante e a sud-est del primo, il vasto banco dell'*Avventura*, la cui profondità varia fra 8 e 50 braccia, il banco *Nerita*, residuo dell'isola omonima (la cui efimera comparsa, dovuta ad una eruzione vulcanica sottomarina, attesta come in quel punto sieno tuttora attivi gli agenti endogeni), il *Terrible Bank,* a breve distanza dal primo, verso levante, ed altri di minore importanza.

Le isole maltesi sono costituite di formazioni marine, quali calcaree quali arenacee, riferibili all'era terziaria media o miocene; solo in qualche punto presentano lembi quaternari terrestri o d'acqua dolce limitatissimi. Ridotta a due soli termini la serie stratigrafica, è ben difficile di precisare l'epoca alla quale risale l'emersione di queste terre, ma, per analogia, e, considerando l'altezza alla quale giungono i depositi pliocenici marini della *Sicilia* e della *Calabria,* si può argomentare che sieno venute alla luce ai primordi dell'era quaternaria o alla fine del pliocene.

Quantunque Reclus, Tissot ed altri accennino a terrazzi simili a quelli della *Sicilia,* osservati nell'isola maggiore dell'arcipelago, io non ho saputo vederli; all'incontro vi ho trovate traccie molteplici di avvallamento.

Tali traccie appartengono a due epoche: in parte, cioè, sono quaternarie e risalgono forse ai primi tempi di questo periodo, in parte non sono più antiche dei tempi storici, o meglio di tempi in cui *Malta* aveva abitanti usciti già dallo stadio della barbarie.

I porti di *Malta,* pei quali quest'isola è tanto reputata presso i naviganti, quelli cioè della *Valletta,* di *Marsa Muscetto,* di *Marsa Scirocco,* sembrano piccoli tratti di valli scavate da corsi fluviali, ora occupate dal mare; essi si continuano, infatti, entro terra, con depressioni pro-

fondamente incassate ed erose, scavate senza dubbio da acque correnti.

D'altra parte, le breccie ossifere che occupano bene spesso le piccole caverne e le spaccature del calcare maltese, contengono i resti di mammiferi, la cui mole sarebbe incompatibile colla estensione odierna delle isole maltesi.

Alla *Smalah* si trovarono copiosi avanzi di un ippopotamo, antico abitatore di quei fiumi prosciugati. Nella grotta di *Har Dallam*, in *S. Giorgio*, raccolsi io stesso qualche osso del medesimo mammifero (¹).

La breccia ossifera della caverna di *Zebbug* ricettava spoglie di molti elefanti appartenenti almeno a due specie (*Elephas Melitensis*, *E. Mnaidrensis*), una delle quali assai distinta da tutte quelle fin qui conosciute per le sue piccole dimensioni. La breccia ossifera scoperta in una fenditura dell'arenaria a *Gandia* diede *Elephas*, *Hippopotamus*, *Myoxus Melitensis*. Nella caverna di *Malak* s'incontrarono *Hippopotamus Pentlàndi*, *H. minutus* e *Myoxus*; nella *Middle Caverne*, a breve distanza dalla precedente, *Myoxus Melitensis*, *Arvicola* ecc.; a *Mnaidra*, una fenditura piena di breccia ossifera somministrò elefanti, *Myoxus*, il *Cygnus Falconeri* e molte conchiglie terrestri; a *Benghisa*, un' altra spaccatura conteneva elefanti, *Myoxus* e grosse testuggini d'acqua dolce; quella di *S. Leonardo* ricettava parte di uno scheletro di piccolo elefante; altri elefanti furono estratti dalla fessura di *Shantiin*, e finalmente, presso *La Valletta*,

(¹) Nella medesima grotta trassi dal terreno, a piccola profondità, ossa lunghe di ruminanti, artificialmente spezzate (resti di pasto) e cocci di rozze stoviglie. Supponevo allora (nel 1865) che questi oggetti, che attestano l'intervento dell'uomo nella formazione del deposito, non fossero meno antichi delle ossa d'ippopotamo; ora, dopo ulteriori confronti e meno maturo esame, li ritengo posteriori. A *Malta*, come altrove, i fittili e i fossili che li accompagnano possono riferirsi ad un'età storica o preistorica più o meno remota, ma non è ammissibile che sieno contemporanei a specie estinte quaternarie. Ove l'associazione si verifica, dipende da un rimaneggiamento o da altra circostanza accidentale.

si trovarono pure in una piccola cavità della roccia resti fossili di daino, di cavallo e di volpe. Sarebbe impossibile che nelle sue condizioni presenti l'isola potesse alimentare animali sì corpulenti. Bisogna dunque concluderne che offrisse pascoli ben altrimenti estesi e che fosse irrigata da grandi fiumi, nelle cui acque potesse tuffarsi il grave ippopotamo. Queste sono le prove che *Malta* fu assai più estesa che non attualmente, durante un periodo geologico omai trascorso.

Come testimonianze di una depressione relativamente moderna, si possono citare i fatti seguenti:

Presso la costa sud-ovest si osservano, in vari punti, antiche strade, scavate nella roccia, secondo l'uso del paese (per tali si riconoscono mercè profondi solchi lasciativi dalle ruote di pesanti veicoli), le quali finiscono in tronco, ove il litorale è tagliato a picco. A *Marsa Scirocco*, una di simili strade raggiunge una sponda della piccola insenatura di *S. Giorgio*, l'attraversa sott'acqua e ricomparisce sull'altra riva. Nella stessa località, proprio in fondo alla baia, vidi sotto il livello del mare parecchie buche cilindriche, della profondità di uno a due metri; orbene, queste non sono altro, secondo ogni verosimiglianza, che cavità artificiali, praticate nella roccia per riporvi grani od altri cereali, le quali, per effetto dell'avvallamento del suolo, furono invase dalle acque ([1]).

Rive italiane dell' Jonio. — Esaurito il compito, per quanto ha tratto alle grandi isole italiane, ripigliamo il nostro esame, seguendo prima il littorale jonio, poscia l'adriatico della penisola italica.

A mezzogiorno della punta *Stilo*, si osservano i resti dell'antico porto detto *Ausonio*, che consistono in grossi

([1]) La *Makluba*, cavità dalle pareti tagliate a picco, formatasi, secondo la tradizione locale, per subitaneo sprofondamento, avrebbe secondo Fuchs, ben diversa origine, sarebbe cioè una antica cava di pietre.

massi sommersi ad una certa profondità e trovansi di contro alle torri denominante, salvo errore, *Tellera* e *Camillara.*

Sul *Capo Colonna,* non si vede oggidì che una sola colonna delle molte che adornavano la *Scuola di Pitagora;* le altre, insieme ad un gran numero di ruderi d'ogni maniera giacciono a circa 500 metri da terra e costituiscono una piccola secca. Si vuole da alcuni che la sommersione di siffatti avanzi sia dovuta ad una frana. Certo è che a ponente di *Capo Rizzuto,* alle *Castella,* scomparvero nelle acque, forse per effetto d'un terremoto, le tre torri delle *Castella.* In virtù dello stesso fenomeno, il villaggio è pur mezzo sconvolto. Le notizie suesposte mi furono somministrate dal capitano di fregata C. Rossi, già capo dell'Ufficio idrografico della R. Marina.

A *Taranto,* intorno al *Mare Piccolo,* si trovano depositi di conchiglie fossili, perfettamente conservate che accennano ad una emersione durante il periodo quaternario. Ma probabilmente alcune parti di quel territorio hanno partecipato al movimento dall'alto al basso che si fa sentire, come vedremo, in tutto il bacino adriatico.

La terra d'*Otranto* è formata quasi esclusivamente da un piano basso, un po' ondulato, costituito da roccie cretacee e mioceniche, coperte, in gran parte della loro superficie, da una sorta di panchina quaternaria conchiglifera. Dopo l'emersione di questa panchina, si è verificato nel territorio di cui si tratta un avvallamento. Il sig. U. Botti, osservò, infatti, presso il capo di *Leuca*, grotte ossifere il cui suolo scende sotto il livello del mare.

Rive adriatiche dell' Italia meridionale. — Risalendo lungo la riva occidentale dell'Adriatico, si trovano numerose ed evidenti traccie di un movimento di depressione che si esercitò fin dai tempi storici più remoti e tuttora si continua. Queste traccie si riscontrano lungo il litorale della *Capitanata,* mancano, o piuttosto non furono ancora osservate

nel *Molise* e negli *Abruzzi,* ma sono ben palesi nelle *Marche,* nell'*Emilia* e sopratutto nelle Provincie Venete.

Il lago di *Lesina*, in *Capitanata,* è una sorta di laguna comunicante col mare, situata a 41 chilometri a nord di *Foggia* e misura circa 20 chilometri, da ponente a levante, per 3 ½, da settentrione a mezzogiorno; la sua profondità maggiore non è che di 2 metri. Rimpetto a *Lesina*, si trova in mezzo al lago la piccola e bassa isola di *S. Clemente,* alla cui periferia vedonsi pavimenti e resti di mura che limitano corridoi e camerelle, quali perennemente sommersi, quali invasi dalle acque solo durante le piene (1).

Questi ruderi furono visitati nella primavera del 1872 dal maggiore Angelo Angelucci, mentre esplorava il lago per rintracciarvi reliquie dei tempi preistorici (2). Dopo aver reso conto delle proprie osservazioni in proposito, egli soggiunge:

« Ma a qual'uso era destinato quell'edificio: e, prima, in che epoca fu esso costruito? La risposta è difficile non meno all'una che all'altra dimanda. *Lesina,* l'*antica,* non so se con questo o con altro nome appellata, è certo che occupava il posto dell'attuale. Le inscrizioni quivi trovate. accennano a città soggetta ai Romani, poichè in una di esse sono nominati il *Flamine Florale,* istituzione del VI secolo dalla fondazione di Roma, il *Municipio,* i *Decurioni.* La costruzione dell'edificio in discorso è poi tutta di *maniera romana,* e in alcune parti delle camerelle è di quella detta *reticulata structura, reticulatum opus,* assai comune in Italia negli ultimi tempi della Repubblica e nei primi dell'Impero; per il che a quest'epoca è da attribuirsene

(1) Quando le acque raggiungono la loro maggiore altezza, il che si verifica nei mesi di Dicembre, Gennaio, Febbraio e Marzo, tutta l'isola è sommersa e vi passano sopra barche cariche.

(2) *Una visita ai laghi di Salpi e di Lesina nella Capitanata, lettera al dottor* A. Issel, Genova 1872.

sono compresi un dente subfossile di cavallo, un incisivo di cervo e parecchi denti d'ariete [1].

Dal complesso di questi fatti si può argomentare che *Pelagosa* fosse in passato assai più estesa che non al presente.

Marche. — Nel territorio di *Fano* son ben visibili le traccie di un sollevamento e non mancano segni d'un bradisismo in senso inverso verosimilmente posteriore, riferibile cioè ai tempi storici. Del primo fenomeno rende conto il Paoli in un paragrafo che stimo opportuno di trascrivere qui appresso:

« Nella sezione del terreno che fiancheggia la via postale che non molto lungi dal lido conduce da *Pesaro* a *Fano,* o per meglio dire ove il terreno forma lunghesso la via una sorte di greppa, vedesi un letto di ghiaia disposto orizzontalmente per l'estensione di circa un quarto di miglio, per quanto almeno rimane di esso allo scoperto. Comincia questo a mostrarsi a un miglio e più da *Fano,* alla sinistra del fiume *Arzilla,* che a qualche distanza di là mette foce al mare. La grossezza di questo letto è di metri 7,55; la sua distanza dal lido, poco meno che uniforme in tutta la sua estensione, in uno de' punti si trovò essere di metri 136,32 [2]. La natura de' ciottoli che compongono questo letto porta a credere che esso rappresenti veramente un'antica riva od un letto di mare; al quale soprasta immediatamente il terreno coltivabile. Sono essi nella maggior parte calcarei, rari i silicei, simili in ciò a quelli di che si compone la ghiaia che il mare aduna su

(1) L'isola di *Pelagosa* (*Grande Pelagosa*) misura nella maggior dimensione m. 1390, con larghezza massima di 270 e altezza media di m. 70. Si trova a 55 $^1/_2$ chilometri dalla costa italiana, e 117 $^1/_2$ dalla dalmata.

(2) « Queste misure furono prese con tutta esattezza dall'abile e volenteroso signor ingegnere Gaspare Bartoloni; il quale volle gentilmente dar opera a coadiuvarmi in tale ricerca ».

quel lido, se non che quella da cui quel letto viene costituito è alquanto più minuta e più uniforme nella grossezza ([1]) ».

Secondo notizie raccolte per me dal prof. F. De Memme, nella stessa città di *Fano* tra 2 e 3 metri sotto al selciato attuale delle strade e delle piazze se ne trova un altro che risale ai tempi romani; l'*Arco d'Augusto* sull'antica via *Flaminia* è interrato per circa 2 metri; sotto il pavimento della chiesa di *Sant'Agostino* furono rinvenuti i ruderi di un edifizio romano che si crede da taluno fosse la basilica di *Vitruvio;* è poi frequente il caso di pavimenti di mosaico scoperti negli scavi praticati a livello delle cantine di costruzioni odierne. Tuttavolta, per effetto della sedimentazione, alla quale forniscono materiali abbondanti le torbe del *Metauro,* la spiaggia va crescendo a spese del mare; tantochè alcuni si ricordano che le onde sferzavano il fanale di *Fano* ora alquanto discosto dal lido ([2]).

Riferisce il De Rossi che sotto il pavimento moderno del duomo di *Pesaro* si trovarono due antichi pavimenti probabilmente abbandonati pel progressivo deprimersi del suolo. Nella medesima città, mentre si costruiva la *Porta a Fano* si scoprirono lastre di pavimento romano a 7 m. sotto l'odierno piano stradale.

A *Rimini* si verificano, secondo il Paoli, fatti consimili:

Il selciato delle antiche vie romane si trova a quattro piedi al di sotto dell'attuale, e il livello di alcune strade moderne è appena superiore a quello del mare. La *Conca,* scrive il Bianchi ([3]), città altre volte situata alla foce

([1]) Paoli, *Opera citata,* p. 119.

([2]) Seppi testè dal collega conte Salvadori che anche in *Porto San Giorgio* si trovano antichi edifizi dal pian terreno assai depresso, rispetto ai livelli stradali più prossimi, ed altri segni di avvallamento.

([3]) *Compendio di geografia fisica speciale d'Italia.*

del *Crustummio,* che scorre ad un chilometro e mezzo dalla *Cattolica,* è già da alcuni secoli sommersa, e di essa nei tempi posteriori, vedevasi appena la sommità di due torri, essendo il mare tranquillo.

A *Ravenna* e ne' suoi dintorni il movimento discendente del litorale si manifesta ad ogni piè sospinto. Per quanto concerne la depressione verificatasi dai tempi storici più remoti fino a noi, il Paoli si esprime nei seguenti termini:

« Nel 1731 l'antica cattedrale di *Ravenna* prestava argomento onde dedurre che il suolo in cui giace quella città, dopo l'edificazione della chiesa predetta, si è d'alquanto abbassato. Il Manfredi e lo Zendrini, che furono colà chiamati a visitare quella chiesa ed altri luoghi, onde riparare ai danni che le acque spesso cagionavano ad essi, ebbero ad osservare che sotto al pavimento della chiesa predetta nè esistevano altri due, il più antico de' quali alla profondità di piedi 4 ed oncie 7; perlocchè vedevasi che in altre epoche anteriori erasi dovuto innalzare il piano della medesima. Comparato quindi il livello di quel più antico pavimento con quello del mare preso nell'alta marea, si trovò da essi il piano inferiore di 8 once o un piede bolognese. Dal che si vede che quel tempio, edificato verso l'anno 400 dell'E. V., aveva dalla sua fondazione soggiaciuto ad una notevole depressione. Il Manfredi medesimo, secondo la sua opinione dell'innalzamento del bacino de' mari pel deposito delle materie trasportate dai fiumi, e secondo il suo calcolo fondato su tale opinione, vorrebbe dedurne che il piano di quella chiesa fosse stato in origine elevato al di sopra del livello del mare di 4 $^{1}/_{2}$ piedi. Che questo fosse veramente più alto del terreno dee credersi; imperciocchè non è a supporsi che, trattandosi di opera intrapresa con tanta munificenza, e come molti credono, a spese di Teodosio, non si sia pensato a porlo

al coperto da quelle alluvioni a cui la città era frequentemente sottoposta. Questo però si convalida anche meglio, ora che si sa che a quella chiesa salivasi mediante una gradinata ([1]). La chiesa di *S. Vitale,* edificata l'anno 541 presentò ad essi un fatto conforme, asserendo il Manfredi che nell'anno 1702 si dovette innalzare il suo pavimento di altri 2 piedi, ed oltracciò che in tale occasione si erano trovati indizi di altro più antico pavimento, e di tanto più basso, quanta può essere l'ordinaria statura di un uomo ([2]). Può menzionarsi pur anche la *Rotonda;* il piano inferiore della quale, secondo la livellazione fatta dal Vandelli posteriormente alle osservazioni del Manfredi, cioè nell'anno 1734, giace sotto al livello del mare nel suo ordinario riflusso palmi 5 ed once 3 romani. Che tali fabbriche siensi approfondate in virtù del loro peso nel terreno per essere il suolo mal fermo, non è veramente a supporsi; e molto meno poi sapendosi da Vitruvio ([3]) che in quella città tanto i pubblici quanto i privati edifici solevano, in vista appunto della natura del luogo, posare sopra palizzate; nè un uso colà invalso già anticamente si sarà certo preterito ne' bassi tempi, nell'epoca forse la più felice per l'arte architettonica, quanto alla solidità degli edifici, e tanto più che trattavasi di opere pubbliche ed insigni ([4]). Un cotal dubbio però, d'altronde, come si vede, non ammissibile, non può cadere sui monumenti che sono per menzionare; i quali similmente comprovano l'abbassamento di quel terreno. Nello scavare le fondamenta d'una casa nell'interno di *Ravenna* si scoprì un antico ponte; forse il ponte di Augusto. Il selciato d'una an-

([1]) Fantuzzi, *Monum. Raven.*, t. 2, p. LXIV.
([2]) *Comm. Acad. Bonon.*, t. 2, pars altera, p. 5.
([3]) Vitruvio, *Archit.*, lib. II, cap. 9.
([4]) Infatti dicesi che allorquando Onorio, il figlio appunto di Teodosio, riparò colà, essa era fabbricata sopra palafitte.

tica via romana, probabilmente la via *Cesarea,* che formava la comunicazione fra *Ravenna* e *Classe,* fu rinvenuto nel costruire il ponte nuovo, sotto di cui scorre il *Ronco,* dopo di essersi unito al *Montone.* Nel letto del predetto fiume *Ronco* si rinvenne l' acquedotto fabbricato da Trajano e restaurato, al dire di Cassiodoro, da Teodorico, e quindi dall' Esarca Smaragdo. Ed egli è da osservarsi che il sommo degli archi di quell' acquedotto, che come si è detto, giaceva in fondo di quel fiume e coperto dalle sue acque, si trovò inferiore al livello del terreno adiacente di ben 12 palmi; il che unito all' elevazione che doveva in origine avere quell' acquedotto, ci fa conoscere una notevolissima depressione di quel terreno. Al quale proposito torna in acconcio il rammentare quanto si accennava di sopra sull' argomento che ne presentano i fiumi per l' innalzamento del loro livello di un corrispondente innalzamento del mare rispetto alle coste, o per meglio dire dell' abbassamento di queste. In fine, deve riferirsi qui ciò che risguarda la via consolare romana che da *Ravenna* lungo il lido conduceva a *Rimini,* costrutta forse verso il principio dell' era volgare; la quale portò da prima il nome di *Regina,* e poscia quello di *Stradella,* allorchè incominciò ad essere abbandonata. Or dunque merita di essere notato che questa strada trovasi al presente nelle paludi di *Classe,* non lungi da *Ravenna,* alcuni piedi al di sotto dell' attuale ordinario livello dell'Adriatico; ed il Fantuzzi asserisce di avere egli stesso « riconosciuta » l' esistenza di quell' antica strada con grandi sassi al- » l' uso delle vie romane molti anni sono, nelle valli di » *Classe* ricoperta d' acqua e terra; siccome nel territorio » di *Cervia* in non molta distanza dall' attuale strada cor- » riera » [1]. Il che ci dà buon argomento per credere che

[1] *Monum. Rav.,* t. 2, p. LXIII.

anche il terreno in cui giace quest' ultima città abbia soggiaciuto ad un qualche avvallamento. Che questo abbia avuto effetto nel suolo di *Rimino* ci viene attestato dal Bianchi. Asserisce questi che alcuni antichi pavimenti ed il selciato d'antica via romana furono colà rinvenuti nel gittare le fondamenta di non poche case; li quali mostrano essere stato un tempo il piano di quella città di oltre 4 piedi più basso. Osserva egli inoltre che, non ostante un tale innalzamento di livello, sì poca è l'attuale elevazione sua, che a stento il mare e il contiguo fiume ricevono le acque delle vie e delle cloache, e che ad ogni piccolo straripamento del fiume medesimo talune contrade vengono allagate; onde, dic'egli, è forza conchiudere essersi rispetto al piano di quella città elevato il livello del mare (¹) ».

Il sig. Felice Ardizzoni, ingegnere addetto alle bonifiche di *Ferrara,* m'informa che nei piccoli fori artesiani, praticati fin dal 1874 nel primo circondario idraulico di quella provincia e segnatamente nei terreni inferiori all'argine del *Brazzolo,* per ricercarvi acque potabili, si attraversò costantemente, fino a 5 o 6 m. sotto il livello del mare, una formazione d'acqua dolce, costituita di residui di piante palustri con argilla o limo (²). Al di sotto s'incontrò sempre sabbia dapprima sottile, poi, a profondità maggiore, più grossa e commista a conchiglie marine. In un foro eseguito nel 1880 sopra un dosso che già servì di letto ad un ramo del *Po,* la formazione fluviale si trovò spessa circa 15 m. In altri fori assai più profondi, praticati nel secondo circondario idraulico e più propriamente nella valle *Gallane,* l'argilla più o meno pura si attraversò per una spessezza variabile tra i 10 e i 20 m.

(¹) *Del sollevamento e dell'avvallamento di alcuni terreni,* Pesaro 1838, p. 34 e seguenti.

(²) Questo terreno è detto localmente *quore.*

Il significato di questo discendere dei sedimenti d' acqua dolce sotto il livello del mare non è molto sicuro, per quanto concerne i bradisismi, perciocchè ignoriamo le condizioni topografiche originarie della località. Ma, trattandosi di un fatto generale, il quale, come si vedrà in seguito, si manifesta con evidenza assai maggiore nella *Laguna Veneta,* non si può esimersi dal considerarlo come prova di depressione. Vuolsi però notare, fra un punto e l' altro, una strana disuguaglianza nella profondità dei depositi d' acqua dolce e quindi nella probabile ampiezza dell' avvallamento.

Venezia. — Nel grande estuario adriatico, culla dell' idraulica italiana, lo studio dei movimenti del suolo è complicato dalla sedimentazione che si effettua sopra grandissima scala.

Per effetto di sedimenti apportati dal *Po,* il littorale adriatico occidentale si va lentamente estendendo.

Gli studi di valenti idraulici, tra i quali il Lombardini, il Foschini ed altri, le antiche carte topografiche, conservate negli archivi di *Venezia, Rovigo, Ferrara* e *Bologna,* dimostrano con tutta evidenza questo aumento così nel passato come nell' attualità (¹). I depositi alluviali del maggiore dei fiumi italiani, da *Chioggia* a *Comacchio* e tra il cordone litorale ed il mare, occupano un' area di 35000 ettari; Lombardini stima che il nuovo terreno conquistato dal *Po* a spese del mare, con un volume di torbe di 27 milioni di metri cubi, sia, annualmente, di circa 135 ettari. L' avanzamento lineare del delta, in linea retta, fu di 70 metri all' anno negli ultimi due secoli; oggi è di 80 e per le foci e lobi deltoidi, sale anche a 85, 89, 128

(¹) Chi vuole apprezzare a colpo d'occhio i mutamenti avvenuti alle foci del *Po* nei tempi storici, consulti la bella carta disegnata dall'ingegnere Foschini a corredo del suo *Cenno illustrativo sulle trasformazioni idrografiche del grande estuario adriatico dall' epoca romana fino ai tempi moderni*, Roma 1878.

e perfino 142 metri all'anno. Ad onta di ciò, non è men vero che, il fondo dell'Adriatico sia animato da un lento movimento dall'alto al basso, e oltre alle prove già addotte, valgono a dimostrarlo i seguenti fatti:

Asserisce il Paoli che le valli di *Comacchio* naturalmente si estendono a spese delle terre circostanti.

Nel *Polesine,* molti fondi delle valli che ricingono la città d'*Adria,* dice il Bocchi, o pareggiano l'attuale fondo marino o sottostanno al medesimo. Alla profondità di circa otto piedi, nello scavare il nuovo scolo *Gavello-Dragonzo,* nel 1850, si scopersero antichi ruderi, tra i quali quelli d'un pozzo e stoviglie romane. Inoltre, ogni tanto si estraggono dal fondo di quelle valli alberi sepolti, specialmente roveri, avanzi di antichi boschi.

Il suolo della città di *Adria* si trova presso a poco all'altezza media di m. 3,28 sul livello del mare, ciò in grazia delle alluvioni di cui fu molte volte coperto il terreno, quando l'*Adige* sboccava in *Canalbianco* e per artificiali rialzamenti (1). Nel XVIII secolo, a cagion d'esempio, la piazza e le principali contrade furono coperte ad arte di m. 1,20 di terra. Intanto, a profondità ben maggiore di m. 3,28, si scoprono nel suolo avanzi di antiche abitazioni; nel 1662 furono messi in luce sotto il pubblico giardino, che sottostà di circa 40 centimetri al piano generale della città, i resti d'un teatro e qua e là altri avanzi romani. Nel 1830, a circa 10 piedi sotto il piano della vecchia cattedrale, si trovò un piccolo edificio circolare che pareva una cappelletta con rozze pitture. Si tratta probabilmente di parte d'un cupolino sovrastante ad un sacello dei primi tempi cristiani; se così fosse il pavimento primitivo di quel monumento sarebbe assai più basso. Le

(1) In tempo di alta marea, quando il *Canalbianco* è in magra le acque del mare risalgono fino a sette e più miglia sopra *Adria*.

fabbriche di *Adria* non più antiche di cinque secoli già presentano l' arco delle porte terrene più o meno sepolto; nella casa del conte Zorzi in via *Dragonzo,* il primo piano è interamente sotto il livello del suolo, e il secondo ne fa le veci ([1]).

Ad un chilometro a ponente di *Adria*, nel luogo detto *Carbonara,* si trovò alla profondità di 7 piedi, sotto il livello di un basso fondo, un capitello corinzio con altre anticaglie. Da m. 3,50 a 7 circa, è stragrande, accerta il Bocchi, la quantità di avanzi d'abitazioni, di fittili greci ed etruschi tratti dal suolo.

Nel praticare un traforo artesiano nel giardino pubblico di *Venezia,* il suolo si trovò formato per una ragguardevole spessezza di sedimenti d'acqua dolce, con detriti di piante, sedimenti i quali evidentemente ebbero origine al di sopra del livello del mare, e giunsero a tale profondità per l'effetto del lento e progressivo deprimersi del suolo.

Questo pozzo penetra a m. 121,20 di profondità, e, fino a m. 85,50 almeno, attraversa sedimenti fluviatili, argillosi e sabbiosi. Appunto a tal livello, si trova un piccolo strato di torba, il quale ebbe origine indubbiamente in seno alle acque dolci. A m. 105,30 il foro penetra in sabbia contenente numerose conchiglie marine e d'acqua dolce commiste; a m. 119,20, punto estremo raggiunto dal pozzo, non si trovano più che conchiglie marine.

I fatti suesposti, che io reputo assai istruttivi, in ordine al tema di cui tengo discorso, furono desunti dall' esame dell' album e della raccolta dei campioni illustrativi presentati dal sig. Manzini alla mostra geografica internazionale tenuta in *Venezia* nel 1881.

Se, com'è probabile, il movimento dell' estuario veneto

([1]) F. A. Bocchi, *Trattato geografico-econom. comp. per servire alla storia dell' antica Adria* ecc., Adria 1880.

si esercitò, fin da principio, nella stessa misura, l'età dei più antichi sedimenti d'acqua dolce attraversati dal pozzo artesiano non sarebbe minore di 50000 anni e forse raggiungerebbe i 70000.

Alcuni attribuiscono siffatto movimento all'assettarsi dei depositi fluviali, di cui risulta il territorio veneto; ma è facile persuadersi che questa interpretazione è erronea, osservando che lungo le coste rocciose dell'*Istria* e della *Dalmazia* il movimento medesimo si palesa con perfetta evidenza.

A *Venezia* si adopera come orizzonte fisso, negli studii che hanno tratto alle opere idrauliche e alle costruzioni in genere, il livello dell'alta marea ordinaria che suol indicarsi graficamente con una linea orizzontale, distinta dalla lettera *C,* abbreviazione di *comune alta marea.*

Nelle loro piene giornaliere, le acque della *Laguna* raggiungono questo livello, che è di circa 70 centimetri più alto di quello delle magre. Solo a lunghi intervalli di tempo, si hanno straordinarie alte maree che non superano 1 metro e 50 cent.

In ogni tempo gli architetti ebbero presenti questi fatti e si studiarono di sottrarre le opere loro al pericolo delle inondazioni; ma il lento deprimersi del suolo rese vane a lungo andare le loro cautele.

Nel 1745, l'antico pavimento della chiesa di *S. Vito* e *Modesto* fu trovato 8 piedi sotto l'attuale.

L'ing. Tissot verificò, non è molto, che il pavimento della piazza *S. Marco* è ora collocato a soli 42 centimetri al di sopra di *C,* quindi sotto il livello delle maree straordinarie. Scrive il Donati che, nel 1772, si rifece il pavimento di *S. Marco* più alto del comune livello da un piede e mezzo (m. 0,52) a due, e che negli scavi praticati in quella occasione si trovò in alcuni luoghi un altro pavimento più basso del livello comune da 3 piedi a 3 piedi $^{1}/_{2}$.

Molti scrittori ricordano poi i gradini, ora scomparsi o meglio sepolti, che si ascendevano per accedere alla basilica. Il pavimento marmoreo della cripta di *S. Marco* si trovò nel 1824, dalla parte del *Rio di Palazzo*, narra il Filiasi [1], a m. 0,38 sotto la comune e a m. 0,24 sotto la piazza. Ma prima di quel selciato, che è fatto appositamente in declivio per lo scolo dell'acque verso il canale, ne esisteva un altro a m. 0,74 al di sotto del livello attuale della comune. Fu adunque reiteratamente innalzato il piano della piazza (restando sempre più incassata la base della mirabile basilica) e quello della cripta.

Qual prova migliore di un progressivo avvallamento del suolo?

Per la ragione stessa alcune cisterne pubbliche, le cui aperture erano rimaste fino a quel giorno inaccessibili alle acque salse, furono invase dal mare nella grande marea del 15 gennaio 1867, che ascese ad 1 m. 50 al di sopra di *C*, e resero necessarie dispendiose riparazioni.

Abbondano gli esempi di colonne mezzo sepolte, porte di cui non sorge dall'acqua che l'arco, piani terreni invasi dall'acque e resi inabitabili.

« Piazze, strade, pavimenti di chiese, e pianterreni delle case, cisterne, botteghe, magazzini (scriveva il Filiasi in una memoria più oltre citata) se ad ogni tanto non si alzavano, inabitabili diventavano per l'umidità, e per andar sommersi nei sopra comuni anche non straordinarii. Di fatto il suolo che calcavano i Candiani, i Partecipazi, ora esiste sott'acqua in gran parte. Non sono molti anni che alzar si dovettero i campi o piazze quasi tutte per salvare dall'acque salse le pubbliche cisterne. La stessa cosa successe per gran parte delle cisterne o pozzi privati. Non è credibile il numero pur troppo di questi che anda-

[1] *Osservazioni sul flusso marittimo della Laguna di Venezia*, Treviso 1826.

rono perduti, o inservibili diventarono per tutta *Venezia*. Dicasi lo stesso dei magazzini per le merci, e delle botteghe dovute rialzarsi per il rialzo dovuto pur farsi appunto delle strade contigue. Per motivo di questi alzati rimasero deformate molte facciate di chiese, e basta poi scorrere per i canali per vedere le porte antiche e *rive* delle case che li costeggiano sommerse spesso anche dalla stessa comune. Così se ora allagata rimane la città per grandi sopra-comuni, essi arrivano a coprire dei siti dove per attestato dei vecchioni non giungevano al tempo dei padri loro ». Così a pag. 19 e 20 delle sue *Osservazioni del flusso marittimo nella Laguna di Venezia* (Treviso, 1826). E più avanti a pag. 29 soggiunge: « Anche il Scamozio notava al suo tempo, come in *Venezia* in tante centinaia d'anni si ha avuto bisogno di più volte alzare il piano suo, e rimaner sotterra il piano degli edifizii suoi pubblici e privati (L. VIII, p. 287) » (1).

Il Filiasi nelle cui opere (2) si trova registrata una congerie di osservazioni relative all'avvallamento del suolo veneto, parla non solo di edifizi, ma di interi villaggi nonchè di campi, vigneti, boschi e perfino di isole ora scomparsi, sommersi cioè dalla laguna.

Il Temanza (3) (citato dal Luciani) narra di antichità romane, specialmente fittili e pavimenti, scoperte a 30 oncie (m. 0, 867) sotto la comune. Si crede che simili ritrovati abbiano avuto luogo nelle saline di *S. Felice,* laddove si vuole che sorgessero anticamente le isole *Costanziaca* ed *Ammiana* (Luciani).

(1) Luciani, *Movimenti littorali del suolo d'Italia*, p. 9.

(2) Oltre alla memoria di questo autore già citata, vedasi l'opera in 7 volumi intitolata « *Memorie storiche dei Veneti primi e secondi*, ediz. II, Padova 1811-1814 » (la prima ediz. comparsa a Venezia negli anni 1796-98 è meno perfetta e sprovvista d'indice).

(3) Temanza, *Dissert. sopra l'antichiss. territorio di S. Ilario*, Venezia 1761.

M. S. De Rossi riferisce che nei lavori eseguiti durante il 1815 in quel Portofranco, furono scoperti, a vari metri sotto il livello del mare, frammenti di un pavimento, una scala e mattoni con iscrizioni romane. Praticandosi degli scavi nell' Arsenale, il 20 settembre 1824, scrive l' ingegnere Casoni, si trovarono costruzioni, come argini antichissimi, a 6 piedi (m. 2, 082) sotto comune (Luciani). Lo stesso ingegner Casoni descrisse nel 1855, in una memoria presentata all' Istituto Veneto, una fondazione massiccia, scoperta nell' *Isola delle Vergini,* a *Castello,* e dalla posizione di quelli avanzi, nonchè da altri dati, concluse che in quel punto, tra l' antico segno della alta marea ordinaria e l' odierno, intervenga una differenza di m. 2, 449.

Il Temanza lasciò scritto, da quanto ne riferisce Filiasi, che nel costruire una *cavana* per servire di ricovero alle barche, nell' isola di *S. Secondo,* correndo il 1753, si rinvennero sotto il fondo della laguna, a 3 piedi (m. 1, 041) *sotto la comune*, resti di un grosso muro, avanzi di una porta e di una scala ed altri ruderi. Si suppone che queste opere fossero romane e dalla loro posizione si argomentò che, dopo la loro costruzione, il livello del mare si fosse rialzato di quasi 6 piedi (m. 2, 082).

Sempre secondo lo stesso Filiasi, la chiesa di *S. Simone* e *Giuda,* ha tre pavimenti sovrapposti, e quella dei *Serviti,* sotto al suo pavimento già inferiore al piano della prossima piazza, presenta un terrazzo che giaceva, quando fu scoperto, a 4 piedi (m. 1, 388) almeno sotto il livello dell' alta marea. Nella medesima chiesa si scavò un bell' altare a 5 piedi (m. 1, 735) di profondità sotto la comune. In uno scavo eseguito, nel 1824, a fianco di detta chiesa per costruire une cisterna, si misero allo scoperto diversi strati che dimostrano essere stato il suolo innalzato a più riprese dall' uomo.

All'epoca in cui si edificò il teatro della *Fenice* (1790), a 11 piedi (m. 3, 82) sotterra, da 7 a 8 piedi (m. 2, 43 a 2, 776) sotto la comune si trasse un grosso tronco d'albero colle sue radici, presso il quale v'era una chiusura rustica di vinchi e bacchette (Filiasi).

Secondo il Bocchi (1), si estende una mesta palude ove sorsero *Equilio, Fine* ed *Eraclea* la prima capitale della Repubblica veneta. Furono sepolte o distrutte *Malamocco,* seconda residenza dei dogi nonchè le isole *Castrasia*, *Marcellina*, *Ammiana*, *Costanziaca* ed altre molte. *Torcello,* più alta, un tempo popolatissima, va sempre più restringendosi e disertandosi d'abitanti. Le vie di comunicazione fra le città della *Venezia* antica verso *Torcello, Altino*, *Jegolo, Eraclea* sono al presente interrate o sommerse. Nell'isola di *S. Giorgio* era e forse è tuttora visibile sott'acqua un edificio romano.

La grandiosa opera dei *Murazzi* fu fatta dalla Repubblica perchè il lido di *Chioggia* era divenuto tanto ristretto in principio del XVI secolo, che la città disperava di mantenerlo contro l'invasione del mare, ad onta delle palizzate che lo munivano.

Sappiamo che alcune isole e tratti di terraferma sono stati coperti dal mare a *Grado* e ad *Aquileja*. Presso quest'ultimo punto, si trovano spesso, sotto agli edifizi odierni pavimenti antichi interrati (2).

(1) *Op. cit.*, p. 127.

(2) Altre notizie intorno all' avvallamento della *Venezia* marittima si troveranno nelle opere seguenti:

T. Temanza, *Dissertazione sopra l'antichissimo territorio di S. Ilario nella diocesi di Olevolo* ecc., Venezia 1761.

C. Sabbadino e Correr, *Scritture, Informazioni, Memorie* ecc. *dell'anno 1551* (Manoscritti conservati nel R. Archivio di Stato in Venezia; sezione segnata « Savii ed Esecutori delle acque »; vol. 233).

A. Zendrini, *Sull' alzamento del livello del mare*, 1806.

A. G. Bonicelli, *Bibliotheca Pisanorum Veneta adnotationibus nonnullis illu-*

Indizi del movimento lungi dal mare. — Certi indizi fanno supporre che il movimento discendente dell'estuario Veneto si effettui anche a ragguardevole distanza dal mare. A *Treviso* si trovarono, nel 1853, anfore, olle, lucerne ed altri fittili romani, sepolti nella melma, in un ramo del *Sile*, a quattro metri di profondità sotto il livello del fiume (Luciani). Ad *Asolo* risulta da memorie diligentemente raccolte che nel 1700 (circa), sotto il pavimento del duomo, ve ne erano tre altri più antichi; posteriormente, essendosi riconosciuta la convenienza di rialzare ancora il piano dell'edifizio, fu costruito un quinto pavimento (Luciani).

A maggior distanza dal mare, fino a *Verona* e a *Desenzano,* non mancano indizi di lenta depressione. Nella prima di queste città si osservano, sulla sponda sinistra dell'*Adige*, presso il *Ponte Nuovo*, alcune case, il cui pian terreno sembra ad un livello inferiore alle alte acque del fiume. Inoltre, molti monumenti, quali romani, quali medioevali, si trovano ora colla base loro notevolmente al di sotto degli

strata, Venetiis 1807-1808.

R. G. Boscovich, *Lettere pubblicate dall' abate Antonio Meneghelli* ecc., Venezia 1811.

Zendrini A., *Nuove ricerche sull' alzamento del livello del mare, Atti dell' I. R. Istituto di Scienze, Lettere ed Arti*, Milano 1821.

Catullo, *Trattato sopra la costituzione geognostico-fisica dei terreni alluviali e post-diluviali delle prov. Venete,* Padova 1839.

E. Campi Lauri, *Sulla corrispondenza dei cangiam. di livello del mare osserv. negli avanzi del tempio di Serapide con quelli avv. in Venezia, Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto,* Padova 1840.

Quadri, *Coup d'œil sur la digue de Malamocco,* Venise 1840.

Manfredi, *Mémoire sur l'accroissement du niveau de la mer.*

Cicognara, *Le fabbriche più cospicue di Venezia*, vol. I.

G. Casoni, *Dissertaz. sopra una corrente marina che si osserva lungo i lidi Veneti, Memorie del R. Istit. Ven. di Scienze, ed Arti*, vol. I. — *Intorno al monum. di* C. Titurnio *dissotterrato nel 1849* ecc., *Atti dell' Istit. Veneto*, Venezia 1850. — *Memoria letta all' istituto il 4 Giugno 1855 intorno alle scoperte fatte nell' isola della Vergine* ecc., *Atti dell' Istituto Veneto*, vol VI.

Paleocapa, *Considerazioni sul protendimento della spiaggia*, Torino 1856.

odierni piani stradali; così la famosa *Arena*, così alcuni palazzi in via *S.ta Maria Rocca Maggiore.* Nel vicolo *Balena* fu scoperto, non è molto, al di sotto della strada, un pavimento romano. Fuori di *Verona* in *Val Pantena*, presso *Quinto*, il così detto *Panteon delle Stelle* si trova nelle condizioni stesse degli altri monumenti romani, cioè per buona parte interrato.

L'aumento delle periodiche inondazioni, che devastano le basse valli del *Po* e dell'*Adige* ad intervalli sempre più brevi e in proporzioni sempre più disastrose (malgrado le difese che incessantemente loro si oppongono), è probabilmente dovuto, almeno in parte, alla progressiva depressione del suolo. L'inondazione avvenuta nell'autunno di questo medesimo anno (1882) ha superato la maggior parte delle precedenti. Secondo una relazione ufficiale, gli ettari di terreno sommersi ascendono a 308 mila, i comuni danneggiati sono 192, così ripartiti per provincie: *Padova* 43, *Rovigo* 41, *Venezia* 13, *Verona* 26, *Vicenza* 48, *Treviso* 17, *Udine* 4. Il reddito complessivo delle terre inondate, reddito per nove decimi perduto, è stimato 14 milioni e il danno ricade su oltre 96000 proprietari.

Per impedire il rinnovarsi di tante miserie, i reggitori della pubblica cosa provvederanno indubbiamente all'esecuzione di grandi opere idrauliche; ma, acciocchè i desideri e le speranze di quelle provincie e della intera nazione non abbiano ad essere frustrati e delusi, acciocchè gli ingenti sacrifizi cui lo Stato deve sobbarcarsi riescano efficaci, è necessario, innanzi tutto, che le cause del flagello sieno ben conosciute, e se, fra queste, una delle principali è, come presumo, il progressivo deprimersi del suolo, fa d'uopo che i mezzi di difesa sieno ben appropriati per resistere al nemico erompente non solo oggi, ma anche in avvenire.

Il prof. Goiran, autore di accurate indagini sulla me-

teorologia endogena, mi assicurava testè che, a *Desenzano*, la massima parte degli edifizi manifesta un mutamento progressivo, nei rapporti reciproci fra il livello del *Garda* e quello delle sue rive. Sembra agli abitanti che le acque del lago si accrescano; ma invece si tratta probabilmente di un lento avvallamento di tutto quel territorio.

Nel 1875 fu eseguita dall' ing. Lanciani una nuova livellazione diligentissima del *Reno* bolognese, allo scopo di dedurne una cognizione esatta del regime idraulico di quel fiume, in vista dei lavori da eseguirsi per sottrarre il paese ai danni delle inondazioni. Negli anni 1844 e 1845 era stata fatta, sotto la direzione dell' ing. Brighenti, un' altra livellazione pur molto accurata, nella quale si erano riassunti tutti i precedenti lavori ipsometrici. I particolari tecnici di entrambe sono opportunamente descritti in una recente memoria (1).

I risultati della nuova operazione differiscono da quelli dell' antica, rispetto al livello medio del mare, per un certo valore *in meno*, valore che oscilla fra m. 0,710 e 0,781 nel primo tratto fra la chiusa di *Casalecchio* e la soglia del casino *Andreoli*, poi bruscamente scema al ponte *S. Felice*, riducendosi tra m. 0,063 e 0,600, nei tratti successivi.

L' ing. Lanciani suppone che nel tronco superiore le cifre della prima livellazione sieno alterate da un errore di lettura (verosimilmente di un intero metro), pel quale, le differenze in meno si tradurrebbero in differenze in più di m. 0,23; ma resterebbero sempre a spiegarsi le discrepanze ulteriori. Egli non crede che queste debbano accagionarsi ad inesattezze, così della prima, come della seconda operazione, ma d' altra parte rifugge dall' attribuire queste differenze « all' avvallamento geologico che persiste in questa

(1) Lanciani, *Giornale del Genio Civile*, 1879, n 8, 9 10.

parte d'Italia, del che fanno fede non dubbia i monumenti ravennati del V,VI e VII secolo dell'era nostra ». Ciò perchè le differenze di cui si tratta non si accorderebbero colla quota del medio abbassamento secolare, che egli stima di m. 0,20.

Persuaso del principio sostenuto dal Grablovitz [1], che cioè la corteccia terrestre sia soggetta a sensibili movimenti, per effetto dell'attrazione luni-solare, il Lanciani conclude coll' attribuire, senz' altro, a siffatti movimenti le differenze succitate.

Prescindendo dalla discordanza dipendénte dal supposto errore di lettura che sarebbe avvenuto nella prima livellazione, in ordine al quale io non sono in grado di formulare un giudizio qualsiasi, parmi che in tesi generale la causa delle differenze di livello fra le due livellazioni si debba ricercare nel lento avvallamento cui vanno soggetti l' intero bacino adriatico e quasi tutta la penisola italica; nè certo si oppone a siffatta spiegazione la misura secolare del movimento, la quale, come si è veduto, è variabile assai fra un punto e l' altro. Ad ogni modo non mi sembra qui il caso di applicare la dottrina dell'attrazione luni-solare, immatura ancora e non sanzionata dalla osservazione diretta.

Misura del movimento. — I seguenti fatti, d' onde emergono computi attendibili relativi alla misura del movimento di cui tengo discorso, mi furono comunicati dal conte F. Bullo, autore di una pregiata memoria sui movimenti del suolo nella *Venezia* marittima:

Al forte di *Malamocco* fu testè ritrovato un idrometro, che risale al 1742; in esso la linea C si trova di m. 0. 10 al di sotto di quella dell'idrometro collocato nella medesima località dall' ing. Bisognini nel 1825. Alla sua volta

[1] *Dell'attrazione luni-solare in relazione coi fenomeni mareo-sismici*, Milano 1877.

la *comune* di esso idrometro sarebbe di 2 centimetri inferiore all' attuale. Dal 1742 al 1825 si avrebbe quindi un avvallamento di circa m. 0, 12 al secolo, il quale si sarebbe ridotto a soli m. 0, 038 (al secolo) dal 1825 al 1880. Computando, in complesso, il movimento avvenuto tra il 1742 e il 1880, ne risulterebbe una depressione secolare di m. 0, 0869.

A *Porto Fossone*, all' imboccatura dell'*Adige*, la comune dell'idrometro collocato dal Michieli, nel 1745, è inferiore di metri 0, 03 al ferro che segna la comune a *Brondolo*, ferro che giace ad altri m. 0, 06 sotto la comune attuale, determinata colà mediante precise livellazioni. Ne risulterebbe che in quel punto l' abbassamento è stato in 136 anni di soli 9 centimetri (circa m. 0, 06 per secolo).

Allorchè, nel 1867, si eseguirono importanti riparazioni nella facciata principale e nell' angolo nord-ovest della basilica di *S. Marco*, si posero allo scoperto alcuni pali profondamente alterati dal tempo, appartenenti senza dubbio alla prima fondazione della cattedrale, che risale all' anno 828. Questi pali si trovavano colla loro testa a m. 2, 20 sotto la linea C, cioè a m. 1, 50 sotto il livello ordinario delle basse acque. Orbene, siccome da tempo imemorabile è costume dei Veneziani di conficcare le palafitte che sostengono le loro costruzioni fino a tal punto che la testa loro raggiunga quel livello, ne consegue che dal 828 al 1867, cioè nello spazio di 1039 anni, l'avvallamento fu di m. 1, 50, quindi appena maggiore di 14 centimetri per secolo (1). Ma questo computo risulta forse un po' esagerato, da che, sotto il peso della costruzione, quei pali possono aver subito uno schiacciamento o essere penetrati più addentro nel terreno.

Da molti esempi da lui raccolti, il Filiasi conclude che

(1) Tissot, *Op. cit.*, p. 47-49.

gli autori non concordano nel determinare la quota dello sprofondamento. Uno di essi ritiene che il pelo del mare si sia alzato di 5 oncie (m. 0, 145) in 308 anni, un altro è d'avviso che l'innalzamento sia di 12 (m. 0, 347) in 150 anni; un terzo la reputa di 12 in 250. Osservazioni diligenti eseguite dal 1732 al 1796, per opera dello Zendrini, darebbero un rialzo di 2 oncie (m. 0, 058), cioè di m. 0, 086, in un secolo o poco più. Il Sabbadini giunse, fin dal 1550, a risultati analoghi. Riferisce poi il Luciani che l'ing. Campi Lanzi, dopo esatti confronti adottò come vero valore dell'innalzamento del mare, cioè dell'avvallamento del suolo, poco più di un decimetro per secolo. Il conte Almerigo da Schio espose, nel 1881, al congresso internazionale geografico, tenuto in *Venezia*, che secondo le sue osservazioni il dislivello tra il 1872 e il 1880 sarebbe stato di 18 millimetri. Pur trascurando questo dato, i computi della depressione desunti dalle osservazioni suesposte conducono adunque a cifre singolarmente diverse fra loro che oscillano cioè, per 100 anni, fra m. 0, 038 e 0, 14. Osserviamo tuttavolta che le più alte, comprese fra 9 e 14 centimetri, sono dedotte da monumenti, ruderi o segnali di antica data, mentre quelle che forniscono una quota di 3 a 4 centimetri si riferiscono a spostamenti recenti, verificatisi cioè entro il corrente secolo ed anche a spostamenti, i quali, manifestandosi con piccole differenze di livello (perchè prodottisi in piccolo numero d'anni), sono perciò meno suscettibili di essere determinati con precisione. Questo fatto apparisce ben manifesto dalle quote osservate al forte di *Malamocco,* pel quale le osservazioni comprendono i due distinti periodi dal 1742 al 1825 e dal 1825 al 1880. Ad ogni modo, è quasi certo che sia avvenuto, in questi ultimi tempi, un notevole rallentamento nel movimento secolare. Con questo non voglio punto escludere l'ipotesi che il bradisismo si faccia sentire con diversa

intensità nei vari punti; ma, almeno, nei limiti dell' estuario veneto, che offre condizioni così uniformi, ciò mi sembra poco probabile.

Applicazioni alla cronologia delle età preistoriche. — Mentre i monumenti e i resti dei tempi storici offrono un prezioso sussidio al geologo per determinare il valore del movimento secolare del suolo, d'altra parte, quando questo valore sia noto, può somministrare alla sua volta un criterio utilissimo per conoscere approssimativamente l'età assoluta di certi rimasugli preistorici.

Vediamo come i manufatti e i residui scoperti tra il 1874 e il 1875, negli scavi eseguiti nel sottosuolo di *Venezia*, di cui diede conto il signor G. M. Urbani di Gheltof [1], si prestino all'applicazione di questo criterio. Gli scavi cui alludo ebbero luogo nell'isola di *Luprio*, per rinnovare le fondazioni di parte del *Fondaco dei Turchi*, e nell'isola di *Rialto* a *S. Appollinare*, nel ricostruire i fondamenti del palazzo *Tiepolo* ora *Papadopoli*.

Nei primi, si trovarono sino a m. 1,50 sotto la comune resti non più antichi del secolo decimoquarto [2]. A m. 2,50 si scoprirono lucerne di terra cotta ed altri fittili attribuiti ai secoli decimo e undecimo; alla profondità di m. 3 e 3,50 si ottennero avanzi d'industria anteriori al secolo X, tra i quali, vasi, lucerne, una figurina di bronzo, una chiave di bronzo e di ferro, nonchè ossa di cinghiale, di capra e di gatto e varie conchiglie. A m. 4, gli avanzi incontrati spettano tutti all'epoca romana e sono figuline, vetri e rarissimi bronzi, tra i quali una moneta dell'imperatore Trajano. A m. 4,50 si attraversò uno strato torboso di circa 15 centimetri di spessezza, contenente conchiglie, avanzi di pesci e manufatti, cioè un ramo di corno di

[1] *Venezia preistorica, scavi degli anni 1874 e 1875,* Venezia 1881.

[2] Le fondazioni che si trattava di ricostruire erano state poste fra il 1230 e il 1309.

cervo tagliato in forma di piccone, un altro preparato per inserirvi un' ascia di pietra, e alcuni frammenti, pur di corno, forse destinati ad uso di lisciatoi. V' erano pure due punte di freccia litiche ad alette, due selci scheggiate, due vasi di terra cotta, uno dei quali forse fatto al torno e l' altro a mano, una fusaruola e due armille di bronzo.

Negli scavi eseguiti sotto il palazzo *Papadopoli* si trovarono a circa 4 m. di profondità molte corna di cervo lavorate, in gran parte lisciatoi, un' accetta in diorite foggiata a mandorla, nera, levigatissima, altra accetta più piccola di pietra nero-verdastra, un' ascia o *celt* in bronzo, con due appendici alla base, ed un ornamento dello stesso metallo di uso incerto ([1]).

Volendo ricavare da questi dati un tentativo di cronologia paletnologica, convien prima di tutto fare astrazione dai primi strati del deposito, di m. 1, 50, che si considerano, secondo i ragguagli fornitici dal sig. Urbani come pertinenti al XIV secolo. Fra m. 1, 50 e m. 4, cioè fino al livello al quale fu trovata la moneta di Trajano, abbiamo una spessezza di sedimenti di m. 2, 50 che ci rappresenta con qualche probabilità l' avvallamento prodottosi dal principio del secolo secondo della nostra era al principio del XIV, vale a dire in circa 12 secoli. Ora è chiaro che la quota dell' avvallamento secolare dell' isola di *Luprio*, che si deduce da queste premesse è di poco più di 20 centimetri. Ne risulterebbe che i bronzi e gli utensili litici trovati a soli 50 centimetri al di sotto dello strato contenente la moneta di Trajano non risalgono che a due secoli e mezzo più innanzi, cioè da circa 100 a 150 anni prima dell' era volgare. Senonchè, la cifra di 20 centimetri, come misura dell' abbassamento secolare sembra troppo alta, forse per-

([1]) Gli oggetti di cui sopra furono da me veduti nel museo di *Torcello*, cui li aveva donati lo stesso signor Urbani di Gheltof.

chè intervenne nel computo qualche dato meno esatto o forse perchè gli oggetti già ricordati, essendo caduti *originariamente* in acque più o meno profonde, il deposito che venne a ricoprirli si formò da principio con una rapidità maggiore di quella che sarebbe data dal movimento del suolo, e poco a poco la sua rapidità andò scemando; i bronzi e gli utensili litici potrebbero essere in conseguenza notevolmente più antichi di quello che a tutta prima non appariscano. Comunquesia, riducendo pure alla metà, a 10 centimetri, il valore secolare dello sprofondamento e quindi della sedimentazione per quel mezzo metro che separa lo strato storico dal preistorico, si arriva sempre al risultato che i bronzi e le accette litiche spettano ad un'epoca relativamente recente.

Non so trattenermi dall'avvertire che la stratigrafia dei depositi archeologici nelle caverne ossifere della *Liguria* occidentale (1) conduce ad una conclusione perfettamente conforme.

Intanto, pel doppio interesse che presentano in ordine alla misure della depressione secolare e alla classificazione cronologica dei manufatti storici e preistorici, sarebbe utile che in ogni scavo praticato nel sottosuolo di *Venezia* si eseguissero indagini e misure diligentissime, atte a fornire indicazioni minuziose ed esatte sulla profondità alla quale giacciono gli oggetti di varie età, sulle condizioni del terreno, ecc. Allorchè si avranno documenti copiosi e sicuri potranno ripetersi sopra più salde basi tentativi di cronologia paletnologica, con incontrastabile vantaggio per la scienza.

Ipotesi relative all' avvallamento della Venezia. — Non è molto ancora si credeva generalmente e s'insegnava in pregiate

(1) Vedasi la mia memoria intitolata: *Nuove ricerche nelle caverne ossifere della Liguria, Memorie della R. Accademia dei Lincei,* Roma 1878.

opere scolastiche che la depressione dell' estuario veneto fosse un fenomeno puramente locale, dovuto all' assettarsi di interrimenti recenti, e non si estendesse al di là delle lagune. In prova di ciò si citavano le osservazioni seguenti (1).

« Il piccolo fiume *Reca*, nato nei monti di *Gorizia*, s'incaverna nella valle di *Vremo* in una voragine profonda, e corsi 25 chilometri circa sotterra, scaturisce finalmente da più spaccature situate a piè d' uno scoglio presso il castello di *Duino*, pigliando quivi il nome di *Timavo*. Più volte fu descritta dagli antichi questa sorgente del *Timavo*, che era celebre sin d' allora per l' impeto onde sgorgava dal monte per confondersi quasi immediatamente colle acque del Mediterraneo. Ora le descrizioni le più antiche c' indicano questa sorgente quale la vediamo oggidì; e certo se il mare fosse stato più alto di pochi metri, avrebbe coperto il piede dello scoglio dal quale scaturisce il *Timavo*, mentre da un altro lato, se fosse stato più basso, il fiume avrebbe fatto una cascata, della quale avrebbero certo parlato gli antichi nelle loro descrizioni ».

» A *Pesaro* sappiamo dal conte Paoli che le pigne d'un antico ponte romano che tuttora formano base del ponte moderno sul fiume *Foglia* o *Isauro*, come i più antichi il chiamarono, sono talmente adattate all' attuale livello di quel fiume, che da esse può desumersi senza tema d' ingannarsi, che almeno in quel punto, attualmente distante dal mare di circa due chilometri, non ebbe effetto verun cangiamento nel livello delle acque. In vero, se il fiume fosse stato più alto, la base d' una pigna di quell' antico ponte, che ora corrisponde al mezzo del ponte attuale, sporgerebbe al disopra dell' acqua, il che non si osserva; al-

(1) Bianchi, *Compendio di Geografia fisica speciale d' Italia*, in appendice alla *Geografia fisica* di M. Sommerville, Firenze 1856, p. 329.

l'opposto se il fiume si fosse alzato, quelle pigne non sarebbero più adattate al livello del fiume medesimo, nè il loro piedritto sorgerebbe sopra il pelo dell'acqua; e siccome l'innalzarsi od abbassarsi del pelo delle acque dei fiumi prova un corrispondente innalzamento od abbassamento del mare rispetto alle sue coste, dal vedere che questo livello non si è cambiato nelle acque dell'*Isauro* si ha necessariamente a conchiudere che l'altezza rispettiva della costa del mare che la bagna, non soffrì variazione alcuna. Ora il ponte di *Pesaro* fu costrutto probabilmente dal censore Flaminio, quando stabilì la via che porta il suo nome, ma in ogni caso non può credersi meno antico di Traiano, per lo che esso conterebbe un'antichità di diciassette secoli, durante il quale periodo il livello del mare sarebbe rimasto invariabile ».

Lo scrivente non possiede elementi sufficienti per confermare o revocare in dubbio le osservazioni suesposte. Avverte soltanto che, ad ogni modo, non costituiscono una prova assoluta della invariabilità del livello rispettivo della terra e del mare in quei punti.

Una differenza di pochi metri verificatasi nell'altezza sul livello del mare di una grossa sorgente, come quella del *Timavo* (altezza di cui gli antichi non ci lasciarono alcuna precisa misura), può essere rimasta inavvertita. Di più, per quanto concerne il ponte del *Foglia*, si osserva che nel letto dei fiumi l'innalzamento dovuto alla sedimentazione compensa bene spesso il deprimersi del suolo.

In tesi generale, è poi da considerarsi che l'immobilità relativa di un punto, rispetto ad una regione che si avvalla, può dipendere da condizioni peculiari, può essere la conseguenza del succedersi di due movimenti locali in senso inverso. Qualunque sia la vera natura di questi fatti, non valgono a menomare la certezza che tutto il bacino dell'*Adriatico,* dalla sua più profonda insenatura settentrionale,

fino alla sua confluenza coll' *Jonio*, è in via di progressivo avvallamento.

Con ciò non credo giustificata l'ipotesi ammessa dal conte Bullo e da altri, secondo la quale i fenomeni sopra descritti sarebbero dipendenti dal vulcanismo tuttora latente nella *Venezia*.

Ognun sa che nei periodi eocenico e miocenico dell' era terziaria i colli *Euganei*, il *Vicentino*, il *Veronese* furono teatro di una fase d' attività vulcanica assai energica, la quale lasciò numerose traccie di se; ma questa attività era già cessata da lunghissima serie di tempi, quando, alla fine dell' era quaternaria, cominciò a manifestarsi il bradisismo discendente. Il supposto di un recente risveglio del vulcanismo nell' *Adriatico* non mi sembra fondato sulla retta interpretazione dei fatti.

Non è punto dimostrato che le cosidette *tegnue*, eminenze sottomarine nelle quali s' impigliano spesso le reti dei Chioggiotti, sieno formate di trachite e se veramente lo fossero potrebbero risalire all' epoca dei vulcani euganei e vicentini e non avrebbero quindi alcun significato speciale, in ordine alla questione di cui si tratta. Gli interni muggiti, i terremoti, le polle d'acqua calda, che da taluni si adducono a sostegno dalla accennata ipotesi non sono connessi in modo necessario al vulcanismo. Le fonti di gas verificatesi presso *Venezia* provengono, secondo ogni verosimiglianza, dalla lenta scomposizione degli strati torbosi del sottosuolo. Quanto poi allo *scaranzo* (concrezione calcarea e ferruginosa che si produce nelle profondità marine in varie parti dell' *Adriatico* e specialmente presso *Chioggia*), la sua formazione dipende da una reazione chimica che ha luogo in seno alle acque fra i diversi elementi del fondo, reazione alla quale è affatto estraneo ogni fenomeno endogeno. Infatti, lo *scaranzo* si produce in molti punti del Mediterraneo lunge da ogni vulcano.

Istria. — Lungo la costa orientale dell' *Adriatico* i segni del bradisismo s' incontrano ad ogni piè sospinto e sono evidenti; a questo mare si applicano opportunamente le parole del poeta (¹).

> **Giù nel profondo, in tenebroso orrore**
> **Chiude gli avanzi d' un perduto mondo**
> **Occulta l' opre dell' iniqua sorte:**
> **Città sommerse, inabissate prore,**
> **Un infinito stuol di cose morte.**

Gli studi di Stache hanno dimostrato che le isole del *Quarnero* rappresentano un prolungamento parzialmente sommerso della penisola istriana. « Così, egli scrive, la larga, ondulata isola di *Veglia*, che, col suo punto culminante, il monte *Triscovaz*, non attinge che un' altezza di 1700 piedi, può considerarsi come una continuazione del distretto del *Recca* e della parte media e più orientale del pianoro cretaceo della *Ciceria* che si allarga considerevolmente verso *Castua*, ed in pari tempo si abbassa verso il mare, finchè cingendo co' suoi strati ondulati il golfo di *Fiume*, si tuffa totalmente sotto l' onde marine; così l'isola di *Cherso* colle sue ripide sponde rocciose e col monte *Sis* che s' estolle a ben 2017 piedi, non è altro che la diramazione rivolta verso S. E. del rilievo occidentale dei monti cretacei del paese di *Cicci*, che al *Plaunik* ed al monte *Maggiore* superano i 4000 piedi, divisa unicamente dalla profonda spaccatura del canale di *Farasina;* così il lungo e stretto dorso dell' isola di *Lussino* in unione ai piccoli scogli e isole di *Unie*, *Canidole*, *Oriule*, e *S. Pietro de' Nembi*, aggruppate a lei d' intorno quasi trabanti, devono venir congiunti col tratto montuoso dell' *Istria* che è incoronato dal monte *Golli* e diviso dal ca-

(¹) Arturo Graf.

nale dell' *Arsa*, protendesi in mare colla *Punta Nera* verso *Lussino* » [1].

L' esame dei materiali che costituiscono il fondo del *Quarnero*, avea già condotto il Lorenz ad ammettere l'antica unione delle isole di quel golfo colla terraferma.

Anche per Taramelli le isole del *Quarnero* non sono che resti di una terra sommersa per effetto di un abbassamento postglaciale, la cui ampiezza non avrebbe raggiunto i 400 metri. Prove di tal movimento si avrebbero nella profondità grande che incontrasi alla foce di vari fiumi, per esempio dell' *Attis* nel porto di *Grado*, dello *Stella* in quello di *Signano*, nella deficienza di terreni neogenici marini in tutto il *Friuli* orientale, nel poco sviluppo delle alluvioni di spiaggia e nella mancanza di valli di primo ordine. « La regione istriana e dalmata, egli scrive, dovea trovarsi nel pliocene antico assai più elevata, mentre in essa si accumulavano le deiezioni fluviali, che sono attestate dalle valli che incidono quegli altipiani e mettono assai spesso capo a degli strettissimi *fijords* prealpiani, cui una ben diversa vicenda geologica, in confronto coi fijords pliocenici lombardi, mantenne la comunicazione col mare. Nel periodo glaciale (astiano e saariano *partim*) una serie di scuotimenti sismici sollevò, col sistema alpiano centrale le *Carniche* e le *Giulie* settentrionali, mentre scesero le *Giulie* meridionali a sud di *Vippacco* e le *Dinariche* ».

Il dottor Marchesetti pone in chiaro, da canto suo, che l'isoletta di *Sansego*, la quale risulta esclusivamente di sabbia finissima, silicea e calcare, con spoglie di molluschi terrestri, non è altro che il residuo d' un deposito d' acqua dolce, formato da un fiume ora scomparso sotto il

[1] *Eoc. Geb. in Innerkrain und Istrien, Jahrbuch der geolog. Reichsanstalt*, 1867, p. 243 (citato da Marchesetti nella memoria qui appresso indicata).

livello del mare [1]. Egli ricorda opportunamente, nella medesima occasione, il fatto del piccolo scoglio *Silo,* situato presso la punta meridionale di *Canidole Piccola*, il quale, benchè misuri pochi metri di superficie e giaccia a fior di acqua, sotto il livello dell' alta marea, ricetta tuttavia una breccia ossifera con avanzi di grossi ruminanti.

D' altronde, lungo le coste dell' *Istria*, come in altre parti nel bacino *Adriatico*, non mancano traccie di arresti e retrocessioni nel movimento del suolo. Lo stesso autore testè citato si esprime in proposito nei seguenti termini: « Come è noto, egli è in questa punta dell' *Istria* (a *Salvore*) che trovansi i depositi più considerevoli di terra rossa che raggiungono non di rado 7 o 8 metri di spessore. Presso al mare, tali depositi ci presentano bellissimi spaccati, i quali ci danno agio di studiare le oscillazioni subite da questa regione. Specialmente istruttivo mi sembra il deposito che stendesi a semicerchio intorno al tranquillo seno di mare detto *Val di Piano.* Qui noi vediamo, ad un metro circa sopra l' odierno livello della sponda, una striscia di ciottoli e di conchiglie marine viventi indicare l' allineamento dell' antico lido. Vi segue quindi un tratto di 40 o 70 centimetri di terra rossa, sulla quale troviamo una nuova linea di ciottoli e di testacei marini, ricoperta dalle recenti alluvioni di vario spessore. Egli è dunque evidente che il suolo ha qui subito due oscillazioni ascendenti più o meno rapide, prima di andar soggetto all' abbassamento progressivo tuttora perdurante, di cui la stessa costa da *Salvore* fino ad *Umago* ci offre prove sì eloquenti ne' suoi molti fabbricati romani parzialmente o totalmente sommersi, sui quali mi riserbo di parlare più dettagliatamente in un altro lavoro sulle antichità di *Sipar* e del suo territorio.

[1] *Cenni geologici sull' isola di Sansego, Bollettino della Società adriatica di Scienze naturali,* VII, Trieste 1882.

Un deposito analogo di conchiglie marine venne ritrovato dal dott. Stache a 30-60 cent. sopra il livello del mare innicchiato nella terra rossa a *Promontore* (*Verh. Geol. Reichanst.*, 1872, p. 221) » (1).

A *Trieste* non mancano esempi di antichi pavimenti e d'altri avanzi discesi sotto il livello del mare. Fra *Salvore* ed *Umago* presso *Pirano*, i ruderi di *Sipar* o *Sybaris*, città romana distrutta dai pirati narentini, si vedono in parte sommersi. L'isola di *Cissa* presso *Rovigno*, sulla quale era collocata l'antica città di questo nome, va lentamente sprofondandosi. Ivi, quando le acque sono calme, vedonsi nel fondo del mare edifizi in rovina. Anche a *Medolino* (*Metulum?*) si vedono nel fondo della baia case sommerse.

Nel territorio di *Idola*, che fu assai popolato sotto il dominio romano e servì di dimora estiva agl'imperatori, ora durante la stagione calda infierisce la malaria, ciò perchè, col deprimersi del litorale, la spiaggia s'impaluda, e le acque salse si mescolano alle dolci. Nella medesima località a piedi del monte *Zaro*, presso il mare, è stato scoperto, quest'anno (1882), secondo l'ing. Luciani, il piano di una casa romana con avanzi di pavimento a mosaico e pareti coperte di marmi, a metri 4 e cent. 85 sotto il suolo attuale (2).

EUROPA ORIENTALE.

Dalmazia. — Il torrente *Reczina*, presso *Fiume*, si fa alla sua foce sempre più profondo e presso *Porto Re* si trovano scolpite sulla costa rocciosa croci ed altri segni, parte sopra, parte sotto il livello del mare.

L'antico lastrico della piazza maggiore di *Zara*, formato

(1) *Memoria citata*, p. 15.
(2) Luciani, *Movimenti litorali del suolo d'Italia* (senza data).

di quadrelli marmorei bianchi e rossi, giace ora a 2 metri sotto il pavimento odierno, al disotto del livello medio del mare. Anche qui si trovano nei bassi fondi, resti di edifizi, mosaici, vasi antichi ecc.

Il paese di *Trau* è situato sopra una piccola isola che ora è riunita alla terraferma mediante un ponte di 15 archi; questo tien luogo di un istmo, il quale poco a poco scomparve.

Tra il porto di *Spalato* e il seno di *Xernovitza* sono ancora visibili sopra un basso fondo le rovine di un antico porto.

Le vetuste mura di *Stopretz* (*Epetium*), fatte di grosse pietre squadrate, sono in parte calate sott' acqua.

Le acque del lago di *Vrana* e di una contigua palude che erano dolci fino al 1630, sono divenute salse. In un altro lago, che ha nome *Zepitsch,* mercè un emissario sotterraneo le acque si mantenevano ad un livello presso a poco costante; attualmente, pel variare del livello relativo del mare e del lago, queste acque crescono continuamente e mentre erano dolci son divenute salmastre.

Prove manifeste di avvallamento si hanno nei pavimenti e nei ruderi sommersi, osservati nelle acque di *Busa* e di *Lissa* (1). A *Zuri* si trovò in mare un bel vaso cinerario e dinanzi al promontorio di *San Giorgio* un' urna antica. Presso *Castel Sussuraz* si vede sott' acqua un bel cippo marmoreo; alla estremità dell' isola di *Vragnitza,* vi ha, sul fondo, tutta una serie di sarcofagi di pietra sommersi; presso l' imboccatura del porto di *Makarska*, si osservano sott' acqua gli avanzi di un muro diruto.

Fra le foci dei fiumi *Goducchia* e *Jugova,* si osservano sott' acqua resti di costruzioni, muri divisorii, pavimenti a

(1) Gran parte delle notizie qui appresso riferite sono desunte da un articolo comparso nel *Bolletino dell R. Comitato geologico,* 1877, p. 77.

mosaico; poco lunge si protende una specie di molo subacqueo (Paoli).

Lungo il lido di *Xivogoschie,* si vede un' antica iscrizione relativa ad una fonte che avrebbe appartenuto all' imperatore *Liciniano.* La sorgente è ora superata dal mare, come pure il viale pel quale vi si accedeva e tutto il territorio circostante (Paoli).

Alle foci della *Narenta,* il mare s' insinua sempre più addentro nel fiume, invade le due rive e converte ubertosi terreni in malsana palude, con grave pregiudizio della città di *Navona* (1).

Movimenti del suolo entro terra. — Il dottor Pilar ha registrato in un suo recente lavoro (2) due supposti casi di movimenti del suolo, uno dei quali, il primo, sembra intimamente connesso col memorabile terremoto che produsse tante rovine in *Agram,* il 9 Novembre 1880.

Gli abitanti di *Veliki Vrh,* piccola terra situata sopra una propaggine dei monti di *Agram,* a circa 10 chilom. al nord di *Resnik,* non potevano scorgere dal proprio villaggio il campanile di *Resnik;* dopo la catastrofe, questo divenne visibile e si assevera che ciò non dipenda da mutamento nella condizione del bosco interposto; non si hanno però elementi che permettano di spiegare il fenomeno in modo soddisfacente.

Ecco ora il secondo caso:

Il pastore Franz Folgenovic di *Sela* narra che circa 13 anni addietro si scorgeva dalla cima prossima a *Poklek* il solo tetto dell' antico castello di *Tabor* e che, poco a

(1) Giova ricordare a proposito dei bradisismi che si manifestano in questa regione che le coste orientali dell' *Adriatico* sono assai soggette ai terremoti. *Durazzo,* in *Albania,* fu distrutta da forti scosse nel 342; *Trieste* subì una sorte analoga nel 1648, *Ragusa* nel 1667; *Lissa* ebbe molto a soffrire in varie epoche per la medesima causa.

(2) *Grundzüge der Abyssodynamik,* Agram 1881, p. 163-167.

poco, estendendosi l'orizzonte visibile da quel punto, l'edifizio si scoprì a segno che oggi ne apparisce una metà. Dalla visita della località il dottor Pilar non potè giungere ad una spiegazione sicura di questo fatto; tuttavolta egli ritiene probabile che si tratti di lento sollevamento o depressione, non essendo però esclusa la possibilità di qualche repentino spostamento del suolo provocato da terremoti.

Albania e Grecia. — Fatti consimili si presentano altresì lungo la costa d'*Albania* e nelle isole adiacenti. Passando all'arcipelago *Jonico,* ricorderò che l'odierna isola di *Santa Maura* fu penisola e che attraverso all'istmo che la collegava al continente furono trascinate a secco galee spartane.

Sull'attiguo continente, lungo la costa settentrionale del golfo d'*Arta*, si vedono strade romane sotto una profondità d'acqua di circa 1 metro e 20. Poco lungi, l'antica *Abi*, ora *Phido-Kaster*, non è che una congerie di ruderi sommersi.

L'istmo di *Corinto*, attraverso il quale si sono iniziati i lavori per aprire un canale navigabile, deve aver subito dai tempi storici più remoti una sensibile diminuzione di larghezza. Certo è che il seno omonimo, cui Strabone assegnava 7 stadi tra una riva e l'altra, ha presentemente una ampiezza doppia.

A complemento delle osservazioni suesposte, giova riferire quanto già scriveva il Paoli della *Morea* (¹).

« Tra i continenti i quali soggiacquero ad un progressivo innalzamento conviene che si annoveri la *Morea*, almeno per quanto ne asserisce il Boblaye nella sua *Description of the Morea* (cap. 5.º). Questo paese che, al dire di lui, emerse già dal mare nell'epoca delle formazioni

(¹) *Opera citata*, p. 108.

terziarie, e che anche dopo di ciò ebbe a provare di cotali alterazioni, non cessò d'innalzarsi progressivamente nelle epoche più vicine. Il *Peloponneso* perciò, cessate le formazioni terziarie, costituiva, anzi che una penisola, un'isola meno elevata di quello che essa lo sia al presente; sì che, per valermi dell'espressione dell'autore medesimo, una curva segnata fra li 300 e li 400 metri al di sopra del livello del mare, avrebbe potuto segnarne il profilo. Così alcune delle sue vallate erano occupate dal mare che giungeva fino alle falde de' monti. L'*Elide* era quasi per intero coperta dalle sue acque; il golfo di *Messenia,* estendendosi fino alle radici del monte *Lycaco,* fra il *Taigeto* ed un arcipelago, le cui principali isole erano formate dalle montagne di *Mali*, da quelle di *Lycodimo* o *Timatias* e dalla sommità del capo *Gallo*, ricopriva la *Messenia;* il golfo di *Laconia* protraevasi fino alla sorgente dell'*Eurota;* ed il golfo di *Lepanto* separava allora la *Morea* dall'*Ellade* e riuniva il mare *Egeo* per due canali, al nord ed al sud de' monti di *Megara.* Si vede, quindi, che da quell'epoca il *Peloponneso* ha dovuto notevolmente innalzarsi, se la sua attuale elevazione, al dire dell' autore medesimo, va fino a 1000 ed a 1200 metri. Oltre di che, asserendo il Boblaye medesimo che posteriormente alla deposizione dell'*alluvium* ferruginoso, che copre le vallate di quel paese ed in cui le fiumane si sono scavate il loro letto, il suolo del *Peloponneso* ha sofferto un generale innalzamento di 20 a 30 metri; e sebbene si dica da lui che « a questo fenomeno è legata l'esistenza di un » violento ed istantaneo deposito di trasporto (*diluvium*), » il quale ricopre alcuni ripiani che lievemente s' innal- » zano al di sopra del mare; » egli sembra in vero che un tale innalzamento del suolo si debba almeno in parte ad un reale sollevamento, prodotto forse dalla continuazione di quella forza istessa, non per anche estinta, la

quale diede cagione alla primitiva emersione del paese medesimo dal seno del mare ed al successivo innalzamento delle sue montagne; di che or ora si è detto ».

Hahn ravvisa alle *Termopili*, lungo la costa orientale della Grecia, un esempio di un odierno sollevamento, forse non privo d'importanza ([1]). Il famoso varco, che fu già angustissimo, pel ritirarsi del mare nel golfo di *Zituni*, ha acquistato una larghezza di 1800 passi. È vero bensì che Fischer attribuisce questo accrescimento alle alluvioni dello *Spercheios* ([2]).

L'isola di *Delo*, surta dalle acque in epoca remota, secondo una tradizione tramandataci da alcuni antichi scrittori, offre tuttavolta esempio istruttivo di terra invasa parzialmente dai flutti per lenta depressione. Nel mare che bagna le sue rive si vedono infatti, quando le acque son limpide, avanzi di antichi edifici e fin dai tempi di Diodoro, come narra egli stesso, i pescatori traevano da quei fondi dei capitelli. L'Isola *Argentaria*, già *Cimolia*, si presta ad analoghe osservazioni. Di faccia a quest'isola, sul lato che guarda *Antimilo*, il Sonnini vide uno scoglio che dicesi di *S. Andrea*, il quale già unito all'isola, ora ne è disgiunto da piccolo braccio di mare, che per la poca profondità e per le reliquie ond'è coperto il fondo, mostra di essere di fresca data. Fra tali reliquie ricorda l'autore precitato due grandi e bei mausolei con capitelli e l'ingresso d'un sotterraneo.

Candia e Cipro. — Traccie di un antico sollevamento dell'isola di *Candia* furono segnalate fin dal 1851 da Mausell, il quale osservò un'antica linea litorale, che dal capo *Krio*, all'angolo sud-ovest dell'isola, si segue fino alla baia di *Suda* e verso mezzogiorno fino ai piani di

([1]) *Opera citata*, p. 210.
([2]) *Zeitschrift d. Gesellschaft für Erdkunde*, 1878, p. 160 (citaz. di Hahn).

Gortyna, presentando un altitudine di m. 11, 3 sul livello del mare nel primo punto, di m. 1, 8 nel secondo, per confondersi poi presso *Gortyna* coll' attuale orizzonte marino (Hahn).

Gli ufficiali inglesi Spratt e Leycester che eseguirono il rilievo idrografico del mare di *Candia* diedero a conoscere fatti di molto interesse in ordine al soggetto che qui ci occupa. Il primo trovò l' altitudine dell' antica linea litorale, misurata nel sud-ovest presso *Poikilassos* e *Suia* di soli m. 7, 5. Egli, inoltre, raccolse prove che il movimento ascendente, almeno in alcuni punti, ebbe luogo durante i tempi storici. In *Kissamo* (costa settentrionale). l' antico suolo si presenta straordinariamente sollevato sul livello dell' acqua e il porto è tutto insabbiato; presso *Phalasarna,* a ponente di *Canea,* si vedono i resti di un antico porto, già difeso da mura e torri ora situati a m. 183 dal lido e a m. 6 sul livello marino. Similmente, il porto di *Suia* è divenuto affatto impraticabile; l' antica riva è tracciata da numerosi fori, nei quali si contengono ancora le conchiglie degli animali che li hanno praticati. Anche la penisola di *Akrotiri,* a nord-est di *Canea,* è compresa nel perimetro dell' area sollevata.

Sulla costa settentrionale di *Candia*, anche il geologo Raulin rinvenne segni d' un sollevamento odierno, la cui altezza fu da lui stimata di 20 m.; mentre sulla costa meridionale trovò che era appena di un metro.

Nella parte media, sia della costa meridionale, sia della settentrionale, Leycester e Spratt ritengono non esservi traccia di spostamento in un senso o nell' altro. All' incontro, all' estremità orientale dell' isola, ravvisano nelle rovine semi-sommerse di antiche città, come *Itanos* ed altre, segni di una recente depressione.

Per conto mio, posso aggiungere che osservai nell' isolotto di *Spinalunga* (baia di *Mirabella*) antiche mura di

cinta e banchine, la cui posizione rispetto al livello del mare accenna ad un piccolo avvallamento.

Alberto Gaudry osservò nell'isola di *Cipro* una zona di calcari arenosi che formano lungo la riva del mare un cordone litorale, largo un quarto di lega. Questi calcari sono ricchi di conchiglie fossili per la massima parte identiche a quelle che vivono nel vicino mare. La loro altezza è in alcuni punti di poco superiore al livello del mare, in altri invece si fa piuttosto ragguardevole. Comunquesia, l'esistenza di questo cordone litorale sta ad indicare un recente sollevamento dell'isola.

Foci del Danubio. — Secondo Stokes, la terra si accrebbe a spese del mare alle foci del *Danubio*, in tal guisa che, fra il 1769 e il 1829, la riva si avanzò di ben 8 chilometri, e fra il 1829 e il 1857 il solo delta del ramo danubiano di *Kilia* si protese di 1220 m.; ma egli crede che a produrre questo interrimento contribuirono anche le torbe del *Dnieper* e del *Dniester*.

In riva al *Don* si trovano ancora, a chilometri 7,5 dal mare, presso *Nedwidowka,* le rovine dell'antica città greca *Tanais*, cui dagli scrittori contemporanei si attribuisce una posizione prossima al mare (Hahn).

Crimea. — Sulle coste della *Crimea,* antichi golfi abbandonati dal mare sono ora convertiti in lagune e paludi pestilenziali. Sembra che l'isola di *Tscherepacha*, presso *Taganrog,* si sia pur formata sotto gli occhi dell'uomo.

Ma tutte queste osservazioni hanno significato assai dubbio in ordine ai bradisismi, mentre ignoriamo se gli avvenimenti cui alludono sono dovuti completamente o solo in parte alla sedimentazione.

Di alto valore, all'incontro sono i fatti osservati da Abich, relativamente ad un deposito litorale marino (già indicato da de Verneuil) giacente sulle rive delle penisole di *Kertsch* e di *Taman*, da 12 a 16 piedi sul li-

vello del *Mar Nero, deposito contenente gran numero di conchiglie fossili di specie viventi nel Mediterraneo, ma non più attualmente nell' Eusino* ([1]). Siffatta giacitura, mentre fa testimonianza di un sollevamento, attesta pure che il *Mar Nero*, fin dall' epoca quaternaria, aveva comune la propria fauna con quella del Mediterraneo e quindi comunicava direttamente con esso. De Filippi accenna a depositi della stessa natura, ma un po' più elevati sul mare, segnalati da Hommaire de Hell nella *Rumelia* e nell' *Anatolia.*

II. ASIA.

Regione Aralo-Caspica. — Gli antichi peripli fanno comunicare il *Mar Bianco* col *Caspio* in guisa da circoscrivere la *Colchide,* come un' isola. Gosselin trasse dalle sue indagini sulla geografia antica dell' Asia la persuasione che l' *Eusino* e il *Caspio* fossero altra volta in comunicazione e coprissero colle loro acque gran parte dei terreni paludosi che li circondano. Egli espose queste sue idee, scrive Virlet, in una nota sul diluvio della *Samotracia* inserita nella traduzione delle opere di Strabone.

D' altra parte, è nota l' opinione che attribuisce l' apertura del bosforo tracico ad un fenomeno recentissimo, assai prossimo cioè ai tempi storici più remoti, avvenuto secondo Strabone, Aristotile e Diodoro Siculo, all' epoca del diluvio di Deucalione, fenomeno che Dubois de Montperreux, ai giorni nostri, riferisce al periodo quaternario.

Dopo gli studi di Humboldt sull' Asia centrale, dopo i viaggi e le osservazioni di Szäwerzof, l' antica ipotesi che l'*Eusino,* il *Caspio* e l'*Aral* comunicassero insieme e

([1]) *Bulletin de la Société géol. de France,* XXI, p. 259.

formassero parte di un ampio bacino marittimo, il quale metteva a settentrione nel golfo dell' *Obi* e quindi al Mar Glaciale, è generalmente ammessa dagli scienziati. Giova però esaminare su quali fondamenti riposi e dato che sia l' espressione della verità, giova investigare fino a quali tempi la supposta comunicazione potè rimanere aperta.

Per imprendere con frutto questa disamina, è neccessario innanzi tutto trattenerci alcun poco sul *Caspio.* Esso ha, com' è noto, una superficie di oltre 6000 miglia quadrate e il suo livello è inferiore a quello del *Mar Nero* di m. 26,40; limitato, nella maggior parte del suo perimetro, da aride steppe, verso sud e sud-est presenta una riva che rapidamente si leva per grandi scaglioni fino alle catene del *Mazanderan,* del *Ghilan* e del paese di *Talisch.*

Il *Caspio* si divide in tre grandi bacini che sono: il settentrionale, che raggiunge appena la profondità di 19 m. ed accoglie in se parecchi grandi fiumi, tra i quali il *Volga* e l' *Ural;* il meridionale, assai più profondo, in cui hanno foce solo corsi d' acqua di lieve importanza; l' orientale o *Karabogas,* sorta di laguna dalle acque basse e stagnanti che comunica col primo mediante un angusto canale.

Gli autori antichi e moderni fanno menzione del *Caspio,* alcuni come di un lago d' acqua dolce, altri come d' un bacino d' acqua salsa. Secondo il punto in cui si attinge l' acqua per l' assaggio, hanno ragione gli uni o gli altri. In fatti, osserva De Filippi, la distribuzione dei sali per la vasta estensione di questo mare è variabilissima tra luogo e luogo e col variare della direzione e forza dei venti (1). Nel *Karabogas* lo strato acqueo essendo sottile, rispetto alla estesa superficie del bacino, la soluzione si concentra e il sale passando allo stato solido si deposita

(1) *Note di un viaggio in Persia,* Milano 1865, p. 308.

continuamente sul fondo. Il medesimo fenomeno si verifica in altri seni verso il nord; hanno così origine, scrive l'autore precitato, piccoli stagni saturi di sale che, per la formazione di cordoni litorali, tendono a separarsi dal mare aperto; e probabilmente si sono formati in questo modo gli stagni salati della provincia di *Astrakan* sulla sinistra del *Volga*.

Nella parte settentrionale, causa l'afflusso del *Terek*, del *Volga*, dell'*Ural* e dell'*Embla*, le acque sono dolci o appena salmastre; De Filippi le trovò perfettamente dolci a ben 60 miglia dalle foci del *Volga*; verificò invece che erano salmastre ad *Enzeli* e presso lo sbocco del *Murdab*.

Saggiata l'acqua raccolta presso il promontorio di *Tük Karagan*, fra il bacino settentrionale e il meridionale, si ottenne il risultato seguente ([1]):

Cloruro di sodio	8,9504
» potassio	0,6510
Solfato di magnesio	3,2610
» calcio	0,5592
Bicarbonato di magnesio	0,2054
» calcio	0,3730
Acqua e perdite	986,0000

Da ciò si vede come l'acqua del *Caspio* differisca da quella del Mediterraneo, non solo per la copia complessiva degli elementi salini disciolti, ma ancora e più per la prevalenza del solfato di magnesio e per la proporzione relativa del cloruro di potassio; la sua composizione non può spiegarsi invocando il supposto che trattisi, per così dire, di un'acqua madre assai diluita. D'altronde l'origine di questi sali è manifesta; provengono, cioè, dall'*Arasse*, dall'*Atrek*, dal *Sefidrud* e da altri fiumi che menano acque più o meno saline.

([1]) Questa analisi, eseguita da Mehner, è riportata da De Filippi nel libro precitato.

Intanto, per l' incessante accumularsi di sali nell' acque del *Caspio*, segregato, come ora si trova, dalla grande circolazione oceanica, è chiaro che la sua salsedine dovrebbe crescere a dismisura, in guisa da provocare la distruzione della fauna lacustre da cui è ora popolato.

Secondo Von Baer, tuttavia, entro un certo limite di tempo, questo fatto non è a temersi, perciocchè, portate dalle correnti nei golfi della sponda orientale le acque più ricche di sali, subiscono una rapida evaporazione per effetto del sole e dei venti e abbandonano quindi gran parte dei materiali disciolti; ad ogni modo, si attribuisce ad una concentrazione già avvenuta nel bacino caspico l' estinzione di molti molluschi di cui vedonsi i gusci sparsi sulle rive.

Considerando le condizioni geografiche del *Caspio,* non si può a meno di riconoscere che l' ipotesi, secondo la quale esso sarebbe il residuo di un bacino assai più vasto che comprendeva da una parte l' *Aral* e dall' altra il *Mar Nero*, è assai ragionevole. Dal primo, infatti è separato da un istmo basso e piano, tutto cosparso di stagni e laghi; dal secondo la distanza in linea retta è maggiore; ma ben si vede dalla ispezione della carta, come le due valli del *Volga* e del *Don* che tanto si accostano, fra loro, all'altezza di *Tsarizin*, non sono separate da ragguardevole rilievo del suolo, permodochè un leggero mutamento nelle condizioni altimetriche del paese basterebbe a provocare la commistione delle loro acque e quindi una comunicazione fra i due mari.

Fra l' istmo aralo-caspico e la valle dell' *Obi,* una catena non interrotta di paludi, stagni e laghi giustifica pure, fino ad un certo punto, il supposto di una antica comunicazione fra questo bacino e l'Oceano Glaciale; ma, come vedremo in seguito, validi argomenti c' inducono a credere che questa comunicazione non potè esistere se non in tempi assai remoti.

Abbiamo veduto che dalla natura dei sali disciolti nelle acque del *Caspio* non si può inferire che queste sieno un residuo d'un bacino propriamente marino, il quale, cioè, fu già in cumunicazione col mare. Se, colla scorta di Pallas, von Baer, Eichwald, De Filippi, ne esaminiamo la fauna, dobbiamo persuaderci che è essenzialmente lacustre. I pesci sono forme d'acqua dolce, come: *Silurus, Cobitis, Esox, Trutta, Perca, Lucioperca, Cyprinus, Tinca, Barbus, Leuciscus, Capaeta, Abramis, Chondrostoma,* oppure amfibi come: *Accipenser, Atherina, Sygnatus.* I molluschi sono: *Paludinidae, Neritidae, Dreissenae*, indubbiamente fluviali, un *Cardium* prossimo all'*edule* (questo vive come è noto, in quasi tutte le acque salmastre d'Europa) e vari generi di Cardiacee peculiari (*Monodacna, Adacna, Didacna*). Possono citarsi come riferibili a tipi marini la *Phoca Caspica*, l'unico pinnipede di quella regione, e pochi crostacei. Mancano però cetacei, cefalopodi, echinodermi, coralli, cioè gli ordini più schiettamente marini. Ecco dunque un altro criterio importantissimo, quello della fauna, che milita contro l'ipotesi accennata.

Veniamo ora a considerare gli argomenti più importanti per noi; quelli forniti dalla geologia e dalla paleontologia.

Depositi incoerenti contenenti conchiglie di specie non diverse da quelle che tuttora vivono nel *Caspio* coprono grandi tratti della Russia meridionale e delle limitrofe contrade asiatiche. Verso il nord, scrive il De Filippi, s'inoltrano fino al di là di *Saratow,* per tutta la valle del *Volga*, ad oriente, girando attorno all'altipiano dell'*Ust Urt,* coprono con estensione non ben determinata il vasto deserto dei *Kirghisi* e dei *Turcomanni,* ad occidente occupano le steppe dei *Calmucchi* e giungono fino sulle rive del mar d'*Azof.* Questi depositi costituiscono la formazione caspica superiore di de Verneuil e Murchison, che rappresenta colà il postpliocene dell'Europa meridionale e

orientale. I sedimenti che servono loro di base (formazione caspica inferiore) sono marne e calcari stratificati regolarmente (in cui la primitiva orizzontalità è poco o punto alterata), per lo più ricchi di fossili, i quali (e qui sta l'importante) non somigliano affatto alle più comuni forme dell' *Eusino* ed invece spettano ancora ai tipi aralo-caspici; sono cioè Paludinidi, Neritine, Limnee, Cardiacee e Mitilacee. Questa formazione, ben nota in grazia di Dubois de Montperreux, de Verneuil e Murchison, se pure spetta al pliocene, cui si suole ascrivere, non può appartenere che al piano superiore di questo periodo. Essa si estende dalle pendici dell' *Indu-Koh* e dai monti della *Tartaria*, attraverso a tutta la depressione aralo-caspica, fino alle steppe del *Don* e della *Bessarabia*.

Nel 1865, lo scrivente ebbe occasione di studiare una serie di fossili di tal formazione, raccolti dai professori De Filippi e Lessona presso *Baku*, e potè persuadersi del carattere eminentemente caspico della sua fauna [1]. Nei tagli naturali del terreno a mezzogiorno di *Baku*, De Filippi distinse, dall'alto al basso, i seguenti strati:

1.° marna sabbiosa e sabbia fine, zeppa di conchiglie;

2.° aggregato friabile dei medesimi fossili;

3.° calcarea interamente composta di grossi frammenti di conchiglie.

Sotto il cosidetto calcare delle steppe (il calcare della formazione caspica inferiore), furono segnalati in *Crimea* altri strati fossiliferi, assai più antichi, miocenici, la cui fauna schiettamente marina si discosta assai dalle odierne e specialmente dalla aralo-caspica.

Le più legittime conclusioni che da ciò si possono trarre sono:

1.° Che durante il post-pliocene e principalmente nel

[1] *Mem. della R. Accad. delle Scienze di Torino*, serie II, tomo XXIII, 1865.

pliocene, il *Caspio* (che allora confondeva le sue acque con quelle dell'*Aral*) fu incomparabilmente più esteso che non attualmente.

2.° Che, risalendo nella serie dei tempi fino al pliocene, il bacino aralo-caspico non si trovò in diretta comunicazione col *Mar Nero*, nè tampoco col *Mar Glaciale*. Se una specie di comunicazione vi fu, ebbe luogo per mezzo di acque fluviali e quindi indirettamente.

Resterebbe ancora a vedersi in qual'epoca avvenne la separazione tra il *Caspio* e l' *Aral* e i due bacini si ridussero poscia alle odierne proporzioni. La minore ampiezza della formazione caspica superiore, rispetto alla inferiore, ci attesta che il ritirarsi delle acque cominciò alla fine del pliocene se non prima; d'altra parte, la orizzontalità quasi perfetta delle formazioni e la loro sovrapposizione regolare, nel territorio di cui si tratta, accennano ad un fenomeno lento e graduato. Vi fu però un momento in cui i grandi fiumi *Dniester, Dnieper, Don* e *Kuban*, per le mutate condizioni topografiche del paese, cessarono di versare le loro acque nel lago aralo-caspico per metter foce nel bacino pontico. A questo fenomeno, certo assai recente, corrisponde probabilmente lo scindersi del gran mare interno nei singoli suoi bacini. L'opinione di Pallas, il quale sulla fede di oscuri documenti storici sosteneva che nei secoli IV e V le acque del *Caspio* bagnassero ancora all'occidente un gran tratto di quella che ora è terra asciutta, sembra però infondata. Soggiunge in proposito De Filippi « chiari e positivi dati che si trovano in Erodoto escludono ogni dubbio che fin dai tempi di questo scrittore il *Caspio* fosse ridotto già all'estensione attuale ». V. Baer, con nuovi argomenti, tra i quali è importantissimo quello del tempo immensamente lungo che il *Volga* dovette impiegare a scavarsi l'attuale suo letto, concorre a dimostrare che il ritirarsi del *Caspio* si effettuò in tempi anteriori ad ogni

testimonianza umana; in epoca storicamente antica, sebbene geologicamente moderna ([1]).

Siberia. — Parecchi viaggiatori segnalarono traccie evidenti di progressiva e lenta emersione anche lungo le coste asiatiche dell' Oceano Glaciale artico.

Il tenente di vascello Giacomo Bove, il quale compiè a bordo alla *Vega* il memorabile viaggio dalla Svezia allo stretto di *Behring* pel nord-est, mi riferì d' aver osservato segni di sollevamento lungo la penisola di *Yamal*, sulle rive del mar di *Kara* e alle foci dell'*Jenissei* e dell' *Obi*.

Il *Capo Nord*, presso la baia di *Tscheljuskin*, era probabilmente un' isola ed ora è collegato al continente mercè una lingua di sabbia. A levante di questo capo, parecchie insenature segnate nell' antica carta di Wrangel furono ritrovate dal Bove nella condizione di lagune. D' altronde, Wrangel medesimo accennò al recente emergere delle terre in quella regione, dicendo d' aver trovato nella Siberia orientale, a ben 20 miglia nell' interno, legnami evidentemente fluitati dal mare.

Già si sapeva che l'isola *Diomedes* o *Diomida*, riconosciuta da Schalaurof nel 1760, a levante del *Capo Sviatoj*, fu ritrovata, dopo 60 anni, nella condizione di penisola dal Wrangel. Von Middendorf verificò, da canto suo, che il deposito arenaceo ed argilloso di cui è costituito il suolo delle cosidette *Tundras* siberiane è analogo ai sedimenti odierni del *Mar Glaciale* e ricetta, al pari di questi, legnami fluitati, conchiglie ecc.

Le isole assai numerose che ingombrano il corso inferiore dell' *Jenissei* sarebbero dovute, secondo Schmidt, al lento sollevamento di quella regione. Esse risultano essenzialmente di *lehm*, arena e legnami fluitati.

Nella terra di *Taimyr*, von Middendorff osservava

([1]) De Filippi, *Opera citata*, p. 318

numerose conchiglie marine, di specie tuttora viventi nel Mar Glaciale, ad altezza di 18 a 62 m. sul mare e fino a 214 chilom. dalla costa ([1]). Questa terra è assai bassa e piana e va insensibilmente declinando verso il mare, talchè la linea litorale risulta mal definita. Secondo Wrangel, la riva compresa fra la foce della *Lena* e lo stretto di *Behring* presenta il medesimo aspetto.

Hedenström osservò accumulazioni di legnami fluitati nel deserto di ghiaccio, presso *Ustjansk*. Nelle isole della *Nuova Siberia*, simili testimoni d'un antico soggiorno del mare furono veduti da Samukov. Hahn osserva con ragione che il sollevamento deve essere maggiore nella Siberia orientale che nella occidentale, poichè nella prima le foci dei fiumi mancano affatto di delta.

È probabilissimo che tutta la catena vulcanica delle isole *Aleutine*, che collega il continente asiatico all'americano sia compresa in un'area ascendente. Il capitano Bryant, citato da Girard ([2]) riferisce che le isole *Pribyloff* offrono segni di sollevamento; in quella di *S. Paolo*, uno scoglio dell'altezza di circa 20 m. si vede costituito da letti di cenere, fra i quali sono interposte numerose conchiglie di specie tuttora viventi nel vicino mare. Anche il *Kamtschatka*, secondo certi viaggiatori, non andrebbe immune dallo stesso movimento.

Bickmore accenna ad un recente sollevamento di 9 a 15 m. delle colline sulle quali siede la città di *Nikolajewsk* sull'*Amur*. Questo fiume, per effetto del bradisismo, si scava alla sua foce un alveo sempre più profondo; lungo le sue rive furono osservate da Schmidt distinti terrazzi.

Le rive dell'isola *Sagalien* sembrano emerse in tempi remotissimi. Hlen vi trovò, presso *Dui*, uno strato are-

([1]) Hahn, *Opera cit.*, p. 132.

([2]) *Les soulèvements et les dépressions sur les côtes*, Paris 1876, p. 54.

naceo contenente conchiglie marine di specie viventi, sovrapposto ad un letto di torba poco elevato sul livello del mare. Presso *Manuia,* v' ha a 3 metri sopra il livello del mare uno strato argilloso ripieno d' ostriche e d' altre conchiglie in perfetto stato di conservazione (¹).

Cina. — Bickmore osservò a *Ta-tong* in *Corea*, antiche linee litorali e letti di fiumi profondamente scavati, alla foce, nella riva del mare, segni sicuri di sollevamento (²).

Le coste della Cina settentrionale sono sottoposte anch' esse, a quanto sembra, ad un bradisismo negativo od ascendente. La pianura del *Liau* si termina secondo v. Richthofen in una spiaggia bassa, pregna di sale di recente emersa, la quale progressivamente si estende (³). Lo stesso v. Richthofen riferisce che l' estuario del *Saluen* cresce rapidamente sotto gli occhi degli abitanti.

Indizi di antichi sollevamenti, forse in rapporto con una estesa formazione vulcanica riconosciuta sotto la latitudine di *Pechino,* s' incontrano da *Suenhoafu* fino alla catena di *Uratò.* Il R. P. Armand David, il quale mi somministrò questa indicazione, soggiunge che le tradizioni locali conservano la memoria di una grande inondazione dovuta al mutamento nel regime di alcuni fiumi, succeduto in seguito ad un sollevamento di vasti territori situati nella Mongolia centrale.

Presso *Pechino*, fra la città e il mare, si trovano banchi conchigliferi con gusci di molluschi marini attuali che dimostrano l' emersione recentissima di quel territorio.

Giusta la testimonianza di Pumpelly, le rive del golfo di *Pe-tschi-li* subiscono un rialzamento considerevole e, quando questo raggiungesse 30 metri, il fondo del golfo rimarrebbe a secco; poco più basterebbe a prosciugare

(¹) *Quarterly Journ. of Geol. Soc.*, 1870.
(²) Bickmore, *Silliman's Journal,* 1868, p. 216.
(³) *Bulletin de la Soc. de Géogr.*, 1882.

l' intero *Mar Giallo.* I rapporti di alcuni missionari fanno pur conoscere l' esistenza di un movimento consimile a *Tungshan*, al nord della penisola di *Shantung*, in virtù del quale il livello delle terre si sarebbe alzato di metri 4,50 in 350 anni. Si è probabilmente a causa dei movimenti del suolo che l'*Hoang-ho*, il quale dapprima metteva foce nel golfo di *Pe-tschi-li*, si portò poi quasi a 4 gradi di latitudine più a mezzogiorno. Metier verificò che in *Tengscheu* il sollevamento della costa raggiunse la misura di m. 4,2 in 250 anni (Hahn). Wylie stima che lo spostamento fu di m. 4, 5. Bickmore inferisce da antichi documenti cinesi che il sollevamento del golfo di *Pe-tschi-li* sia stato preceduto nei tempi storici da una depressione ([1]); ma le ragioni che egli adduce in appoggio di questa opinione non sembrano molto persuasive. Il medesimo osservatore vide presso *Canton*, banchi di conchiglie marine recenti, superiori alle linee d' acqua.

Le coste della Cina meridionale sono generalmente rocciose e scoscese. Bickmore vi osservò, massime nei dintorni di *Fu-tscheu* i fatti seguenti, che egli cita come indizi di depressione ([2]): il *Min* non forma alla sua foce alcun delta, ma deposita le sue melme in una fila di banchi d' innanzi alla costa; un canale, il quale, secondo memorie cinesi che risalgono a 900 anni, per la poca profondità, era impraticabile alle giunche, sostiene ora le più grosse navi. Nello scavare un pozzo, si scoprì tra m. 7, 50 e 9 di profondità una casa cinese coi suoi arredi.

Bickmore ritiene che il confine fra i due bradisismi passi per la foce dell'*Yang-tse-kiang.* È però da notarsi che colà cresce rapidamente la terra emersa.

Alle isole *Rugged*, Hamilton incontrò antiche linee litorali a m. 6 d' altitudine.

([1]) Hahn, *Opera citata*, p. 61.

([2]) *Silliman's Journal*, 1868, p. 214.

V. Richthofen, Preble, Thomson e Bickmore fecero conoscere segni di recente sollevamento in vari punti di *Formosa.* Il naturalista Swinohe, mentre addusse egli pure traccie d'emersione, manifestò l'avviso che in una località dell'isola situata presso *Ape Hill* (ove trovansi resti marini da lui riferiti al terziario), la costa retroceda anzichè avanzarsi ([1]).

Giappone e Liù-ciù. — Nelle isole del Giappone si riscontrano del pari frequenti traccie di sollevamento. Il dottor Knipping riferisce che quando fu eretto il castello di *Tokio*, nel 1456, il mare raggiungeva la parete meridionale dell'edifizio, mentre oggi se ne trova notevolmente distante. La penisola d' *Inosima*, nella baia di *Kamokura*, sarebbe stata, secondo Bickmore, poco addietro un' isola.

Il dottor Naumann trovò simili segni di rialzamento nella parte occidentale di *Nipon.* Bickmore osservò antiche linee litorali nella parte settentrionale dello stretto *Tsugara* nell' isola *Jesso.* D' altra parte, si sarebbe verificato che lungo la costa occidentale dell' isola, presso *Chatsunai* e *Stibui* avvenne un avvallamento di oltre 18 m. da tempi relativamente recenti ([2]).

Presso *Suco*, in *Okinawa-Sima* (*Grande Liù-ciù*), isola di formazione vulcanica, esistono varie isolette che dall' epoca in cui furono segnalate per la prima volta subirono ragguardevoli cambiamenti.

Nelle carte inglesi N. 2412 e N. 2416, tracciate secondo il rilievo americano degli anni 1854 e 1855, sono notate le isole *Mina* e *Gibson* a piccola distanza da *Suco.* Orbene, il comandante Lovera trovò che *Mina*, rappresentata come isola non coralligena e non circondata da scogliere, era divenuta un piccolo *atoll* con apertura

([1]) Hahn, *Opera citata*, p. 57.
([2]) Hahn, *Opera citata*, p. 63.

poco profonda, di larghezza pari al raggio della laguna; la seconda, indicata come una piccola massa rocciosa, circondata da una scogliera, appariva completamente sommersa. Le differenze fra il rilievo italiano e l'americano dimostrano pure la scomparsa delle isole *Kuri-Sima*, *Tomu-Sima* e *Tesona*.

Tuttavia, convien andar molto guardinghi così nel dichiarare scomparsa una terra, come nel credere d'averne scoperta una nuova, giacchè, come avverte il comandante Lovera (¹), si dà il caso che la medesima isoletta vedasi segnata sulla carta in due o tre diversi punti, essendosi attribuito nei secoli scorsi ad una sola terra, da diversi naviganti, posizioni talvolta assai distanti fra loro. Uno dei principali intenti dell'odierno navigatore deve essere appunto di eliminar dalle carte idrografiche simili duplicazioni di terre o pericoli, ciò specialmente nei mari infestati dai coralli.

Dal complesso degli scandagli eseguiti in quei paraggi dalla corvetta italiana *Vettor Pisani*, sotto il comando del conte Lovera di Maria, si è condotti a presumere che il fondo dell'ancoraggio si sia abbassato di circa un braccio in 17 anni, ciò che corrisponderebbe alla depressione enorme di un piede per cinque anni.

Anche l'isoletta *Hesper*, segnata sulla carta inglese N. 2412 come prossima a levante di *Kikai-Sima*, non fu più rinvenuta. Si noti che nell'isola *Iwo-Sima* vi ha un vulcano trovato dal Lovera da più anni inattivo, ma che da naviganti inglesi fu veduto in ignizione.

Filippine, Isole della Sonda e Molucche. — Darwin colloca in molti punti, intorno alle isole della *Sonda*, *Molucche* e *Filippine*, il segno convenzionale da lui adottato, nella sua carta, per distinguere i frangenti litorali ed avvalora con

(¹) *Dei coralli e delle leggi fisiche ad essi attinenti*, p. 63.

numerose osservazioni, nel suo libro, l' avviso che quelle isole sono tutte in via di sollevamento. È da notarsi che tale segno spesseggia, nella detta carta, lungo la convessità dell'arco formato dall'Arcipelago Indiano, e abbonda intorno a *Seram* e *Gilolo*, mentre alle *Filippine* sembra limitato a pochi punti nella concavità dell' arco descritto da questa catena; manca poi quasi assolutamente attorno alle isole interne del bacino costituito dai tre arcipelaghi, mostrandosi soltanto alla punta settentrionale di *Selebes*, in un punto a nord di *Borneo*, alle *Natunas* e in altre isolette vicine. D' altra parte, le isole del mar della Cina interposte fra le *Filippine* e la costa cinese, per la forma loro atollare, si rivelano sotto il dominio della depressione.

Cuming trovò presso *Cabagan*, nell' isola *Luçon*, una delle *Filippine*, un deposito di conchiglie marine fossili, di specie ancora viventi, il quale s' innalza a 150 piedi sopra il letto del fiume *Cayagan* e dista dal mare non meno di 70 miglia. Le descrizioni pubblicate dal capitano Basil Hall e da Beechey (entrambi citati da Darwin) accennano all' esistenza, nelle isole vicine, di madrepore corrose e scavate dalle onde, ad una altezza cui il mare più non giunge e a linee di antichi litorali parallele all' odierno, incontrate a variabili distanze dalla costa.

Nel tratto della costa N. O. di *Borneo* compreso fra il capo *Barram* e lo stretto di *Balabac*, appiè del gran monte *Cinibalù*, gli scandagli della *Vettor Pisani* dimostrarono che la curva delle profondità di 100 braccia si è allontanata dalla riva di circa 60 miglia, dacchè fu fatto il rilievo della carta inglese 2660 B.

Il fondo dell' ancoraggio di *Foco*, rilevato nel 1819 da Duperrey, si trovò scemato dal comandante Lovera di circa tre braccia; ma egli ascrive questo cangiamento ai coralli.

O. Beccari si formò il concetto, durante il suo lungo soggiorno in *Borneo*, che quest' isola sia un antico arcipelago sollevato in tempi geologicamente recenti; il qual modo di vedere si accorda assai bene non solo colla topografia del paese, ma ancora col carattere della sua fauna e della sua flora.

A *Sumatra*, a *Giava*, nonchè nelle isole vicine, sono frequenti formazioni quaternarie marine, contenenti conchiglie fossili. In ordine alla prima, Marsden osserva, nella sua storia di *Sumatra*, che parecchi promontori e capi di quella terra, massime lungo la costa orientale, sono qualificati come isole (*pulo*), il che dipende indubbiamente dalla condizione loro insulare in tempi più o meno remoti. Jack, citato da D'Orbigny, riconobbe a *Pulo Nias*, presso *Sumatra*, depositi marini recentemente sollevati che contengono madrepore e Tridacne.

Müller, nel 1828, e Schneider, nel 1861, osservarono lungo le coste dell' isola di *Timor* e anche nell' interno di essa a ragguardevole distanza dal mare, formazioni madreporiche di carattere affatto moderno.

Regione Indo-Cinese. — A mezzogiorno del tropico del Cancro, il movimento dall' alto al basso, segnalato lungo la costa asiatica meridionale, si affievolisce e forse è sostituito da un movimento in senso contrario. Dalle descrizioni dei viaggiatori che visitarono *Siam*, il *Cambogia*, la penisola di *Malacca* e il regno d' *Annam*, sembra che colà la terra emersa vada generalmente accrescendosi a spese del mare, il che accenna a innalzamento del suolo. L' avanzamento della terra è rapidissimo alle foci del *Menam* e del *Mekong* [1]. V. Richthofen avvertì traccie di sollevamento presso *Bangkok*.

Segni manifesti di depressione furono osservati alle isole

[1] Bastian, *Geogr. Mittheilungen*, 1866.

Andaman, massime presso lo stretto *centrale.* In una di esse, scrive il Girard, il conservatore delle foreste dell'India verificò che molti *palava,* dapprima floridissimi, ora soccombono, perchè le infiltrazioni marine vengono a poco a poco in contatto delle loro radici; e stimò che la depressione, causa prima di questo fatto, potesse raggiungere 3 metri per secolo, il che sarebbe enorme.

Anche le *Nicobare,* secondo le relazioni dei viaggiatori, presenterebbero segni dello stesso fenomeno ([1]).

Risalendo lungo il *Golfo del Bengala,* le spiaggie si trovano ovunque in via di emersione lungo le coste della *Birmania;* ciò secondo il capitano Halstead.

Penisola Indiana; Seilan. — Dalle osservazioni di Buist risulta che il suolo si solleva a *Bombay*, a *Bassam*, a *Goa.* Anche la regione del *Gange* inferiore si rialzerebbe secondo alcuni, poichè le foci dei tributari di questo fiume *Coasy*, *Mahanadis* e *Soane,* incessantemente si spostano da mare a monte (l'ultimo sarebbe retroceduto di circa 7 chilometri in 80 anni). Fergusson crede che il confine occidentale di questo movimento si trovi all' altezza di *Dinapore,* presso la confluenza *Gange* col *Gogra* ([2]). È probabile che non abbia a mancar tuttavolta anche alle foci del *Gange* il consueto avvallamento locale dovuto all'assettarsi dei depositi.

Le relazioni dei viaggiatori concordano nell' assegnare una origine recente alle coste dell' India meridionale di contro a *Seilan.* Secondo Darwin, il dottor Benza diede la descrizione di un deposito con conchiglie d'acqua dolce e marine da lui veduto da 3 a 4 miglia dal litorale.

([1]) Reclus, *Opera cit.*, p. 752.

([2]) Circa il delta del *Gange* e del *Brahmaputra,* Toula scrive che gli uni (Peschel e Reclus) concludono per un avvallamento, mentre altri (Hahn e Credner, seguendo Fergusson) ammettono un sollevamento. Si accerta che, nei trafori praticati a lieve altezza sul livello marino, nel suolo di *Calcutta,* si attraversarono fino alla profondità di 120 m. sedimenti fluviali.

Relativamente a *Seilan*, Marco Polo si esprime nei seguenti termini: « E dirovvi come ella gira IIMIIIC miglia, secondo che dice il mappamondo. E sì vi dico che anticamente ella fu via maggiore, che girava IVMVIC miglia; ma il vento di tramontana vien sì forte che una gran parte n' ha fatto andar sott' acqua (1) ».

Questo passo, che sembra alludere ad un antico sprofondamento, vuol essere considerato come il riflesso di una remota tradizione e forse non manca di qualche fondamento. È noto intanto che la penisola di *Rameseram*, ogni anno meta di pellegrinaggio per migliaia d' Indù, da tre secoli si è separata dalla terraferma. Questa penisola non è che parte di un istmo, ora per breve tratto sommerso, il quale, secondo una leggenda tuttora vivente nelle Indie, metteva in comunicazione *Seilan*, col *Coromandel* (2).

Nella parte settentrionale dell' isola di *Seilan*, il suolo essendo assai poco elevato sul livello del mare, risulta di formazioni recentissime contenenti conchiglie e coralli. Nel riferire questo fatto, il dottor Davy (3), citato da Darwin, esprime la persuasione che colà il mare si sia ritirato non solo in tempi remoti, ma anche a memoria d' uomo. H. Schlaginweit narra da canto suo, secondo Reclus, di depositi conchigliferi marini recenti, osservati alla distanza di 70 chilometri dalla riva (4).

Belucistan e Persia. — Lungo le coste del Makran o Belucistan, sembra che la terra progredisca a spese del mare per effetto di bradisismo; ciò specialmente a *Gwadur* o *Gwattar* e *Ormara*. Stiffe avrebbe osservato nella medesima contrada, rupi forate dai litofagi sopra la linea

(1) *I viaggi di Marco Polo reintegrati per cura di* A. Bartoli, Firenze 1863, p. 253.

(2) Ritter, *Erdkunde* (Reclus).

(3) *Travels in Ceylan*, p. 13.

(4) *Reise in Indien*, I, p. 147-148.

d'acqua [1]. W. T. Blanford accenna a formazioni marine postplioceniche, da lui vedute in quel territorio. Lo stesso naturalista riferisce d'aver osservato al capo *Jaskh*, all' ingresso del *Golfo Persico,* e in parecchie isole di quel golfo un conglomerato calcare, contenente conchiglie marine recenti [2].

Si trovano coralli e conchiglie marine emersi nelle isole *Charedsch* o *Kerak* e d' *Ormus*. In quest' ultima, un piccolo porto situato presso la fortezza eretta dai Portoghesi non ha più acqua sufficiente per accogliere le navi, come in passato.

Nel suo viaggio da *Kerman* a *Bender Abbas* sul Golfo Persico, il marchese G. Doria osservò deserti sparsi di efflorescenze saline ed estese spiaggie emerse di fresco e abbandonate dal mare e si formò il concetto che tutta quella regione avesse subito recente sollevamento.

Blanford avverte che nel centro della Persia grandi corsi d'acqua si convertirono in bacini lacustri, e questi poco a poco si prosciugarono, cangiandosi in pianure deserte; il clima diventa intanto sempre più asciutto.

Arabia. — Sulla costa dell' Arabia meridionale, presso le rovine di *Balad*, Carter osservò una caverna probabilmente scavata dal mare, il cui volto era alto 9 m. sulla linea d'acqua; le pareti della caverna erano forate dai litofagi. Sulle rive del golfo d'*Aden*, di contro a *Steamer Point*, osservai io stesso spiaggie emerse, poco elevate tuttavolta sopra il livello del mare.

Le due rive del Mar Rosso offrono numerosi esempi di spiaggie e scogliere madreporiche emerse per effetto di un sollevamento; ma di queste mi occuperò più innanzi nel capitolo destinato all'Africa.

(1) Hahn, *Op. cit.*, p. 43.
(2) *Eastern Persia*, London 1876, p. 467.

Siria e Asia Minore. — Mentre i lidi della Siria presentano le traccie dell'antico sollevamento, omai segnalato intorno a tutto il bacino del Mediterraneo, è certo che alcuni punti delle sue coste si vanno poco a poco deprimendo. Così havvi presso *Beirut* una vetusta torre che presenta il caso d'una progressiva sommersione nelle acque marine.

I ruderi di *Ascalona, Cesarea, Sidone*, sono in parte occultati dalle acque del mare. Ove fu la marina di *Tiro*, l'archeologo Vittorio Guerin potè scorgere mura, dighe, colonne ed altri avanzi sommersi e da questi riuscì a rintracciare la periferia degli antichi porti egizio e fenicio (¹). Tali fatti non possono essere attribuiti a fenomeno locale, i punti anzidetti trovandosi assai prossimi all'Egitto, ove la depressione è generale e manifesta.

Confrontando i documenti geografici lasciatici dagli antichi intorno all'Asia Minore colla configurazione odierna di questo paese, non si può a meno di ravvisar le traccie di ragguardevoli mutamenti che accennano ad un lento sollevarsi del suolo; mancano tuttavolta indagini esatte e continuate, atte a dimostrare qual parte in questi fenomeni spetti alla sedimentazione e quale ai bradisismi. Si vuole che parecchie isolette si sieno congiunte al continente a *Mindus*, a *Mileto*, a *Efeso*, presso *Alicarnasso* e *Magnesia*; si afferma che il mare si sia progressivamente ritirato da *Samsum* (l'antica *Priene*), che le ruine d'*Efeso*, che pure fu città marittima, giacciano presso *Aiasuluk* a due leghe dal mare (²). De Tchihatcheff crede che questa parte dell' Asia Minore possa essersi accresciuta, dai più remoti tempi storici in poi, di circa 450 chilometri quadrati (³).

Presso *Adalia*, il lago di *Capria*, assai esteso ai tempi

(¹) *Bollettino della Società geogr. ital.*, Serie 3.ª, III, p. 29.
(²) Reclus, *Opera citata*, p. 725.
(³) V. Hoff, *Veränderungen der Erdoberfläche.*

di Strabone, ha cessato di comunicare col mare e si è convertito in palude. Nel settentrione dell'Asia Minore, le osservazioni geologiche concorrono colla tradizione ad avvalorare il supposto che l'*Eusino* si faccia gradatamente più angusto. De Tchihatcheff osservò banchi di conchiglie marine recenti sui colli della *Tracia* e dell'*Anatolia* (¹).

III. AFFRICA.

Costa occidentale. — Intorno alla estesissima costa del continente africano tra il Marocco e il capo di *Buona Speranza*, mancano affatto a mia cognizione documenti relativi all'oggetto delle mie indagini. Hahn nota solamente in proposito che il contorno protratto del delta del *Niger*, desta l'impressione che ivi l'interrimento del fiume sia favorito da un bradisismo. Soggiungerò che anche l'*Ogué* ha un delta protratto comunque meno di quello del *Niger*, mentre, più a mezzogiorno, il *Congo*, il *Cumene*, e l'*Orange* che pur hanno le loro foci ugualmente orientate ne sono destituiti e, a settentrione, i numerosi fiumi che sboccano fra il *Capo Verde* e la *Costa d'Oro*, presentano quasi tutti foci larghe e profondamente insenate, senza delta.

Canarie, Madera e Isole del Capo Verde. — Reclus, ordinariamente tanto cauto, vede in *Madera*, nelle *Canarie* e in *Sant'Elena* i resti dell'antica Atlantide, di quell'Atlantide sulla quale specularono e disputarono in ogni tempo scienziati, eruditi e poeti, e crede che quelle isole continuano ad inabissarsi nei flutti; non dice peraltro su quali argomenti si appoggi questa opinione.

Per me, non nego un certo grado di probabilità all'ipotesi di un Atlantide miocenica, quale l'ammettono Heer, Unger e Gaudry, di una terra che apparteneva ad un

(¹) De Tchihatcheff, *Le Bosphore et Constantinople* (Reclus).

mondo diverso dal nostro e in cui l' uomo, se pure esisteva, era incapace di tramandar ai posteri la memoria dei fatti. Ma fra questa scientifica induzione e la leggenda platonica non trovo connessione di sorta.

Il capitano-armatore Enrico d'Albertis, il quale visitava l'anno scorso le *Canarie* col suo *yacht* « il *Corsaro* », mi riferisce d' aver osservato sulle coste rocciose d'*Alegranza,* ad un'altitudine alla quale non può giungere il mare (15 o 20 m.) solchi orizzontali ed erosioni, corrispondenti ad un' antico livello marino. Secondo lo stesso osservatore, parte della spiaggia di *Madera* si avanza rapidamente, come lo dimostra una antica torre che sosteneva argani destinati allo scarico delle navi, la quale si trova al presente lungi dal mare. Allo scoglio inscritto sulle carte sotto il nome di *Loo Rock,* situato nella rada di *Madera,* ad ovest di *Funchal,* dice d'Albertis, sono infitti anelli di ferro destinati ad ormeggiare i bastimenti, ma questi anelli sono situati a tale altezza sul livello del mare da destare il sospetto che lo scoglio abbia subito un sollevamento.

Siffatte osservazioni accennano, come ognun vede, ad un movimento dal basso all'alto piuttostochè a depressione.

Dai depositi di conchiglie marine recenti situati in *Sant' Jago*, nell'arcipelago del *Capo Verde,* Darwin inferì che avesse subito un sollevamento.

Marocco, Algeria. — Bleicher osservò sulle coste del Marocco, segnatamente presso *Tangeri*, *El Araich* e il *Capo Spartel*, arenarie quaternarie con fossili marini e terrestri. Queste arenarie sono ben distinte nella provincia d' *Orano* in Algeria [1]; Lamarmora segnalò il quaternario marino ad occidente di quella città, lungo la via che conduce a *Mers-el-Kebir.*

[1] *Bull. de la Société géol. de France,* III, p. 191.

In Algeria, un antico acquedotto che portava le sue acque a *Relizane* è divenuto improprio all' ufficio cui era destinato, perchè, a causa dei movimenti del suolo, pende ora a ritroso della inclinazione primitiva ([1]); ma qui si tratta verosimilmente di fenomeno locale.

Fra *Algeri* e *Tunisi*, un terreno pianeggiante, alto da 10 a 15 metri sul mare, presso il capo *Matifù*, risulta di banchi d' una formazione marina quaternaria, di fresco sollevata.

Fra *Tripaza* e *Marengo* si trovano, in una specie d' arenaria recente, conchiglie terrestri e marine commiste (*Ostrea*, *Pecten*, *Helix*, *Bulimus*).

Nell' isola *Rashgun*, alla foce della *Tafna*, un *grès* calcare della medesima età contiene pure specie terrestri e marine (tra le quali *Purpura haemastoma*, *Patella*, *Cassis*, *Conus*). Depositi analoghi si riscontrano al *Capo Guardia* presso *Bona* e alla *Calle*, come risulta dalle note di Deshayes, riferite da Bourguignat nell' opera qui appresso citata ([2]).

Tunisia e Tripolitania. — L' isola *Galita*, situata a breve distanza dal litorale tunisino, risulta di un nucleo di roccie cristalline granitiche (lipariti secondo alcuni moderni), le quali sorreggono ftaniti, diaspri e scisti assai antichi, probabilmente siluriani. Queste formazioni sono in parte recinte da un deposito marino quaternario che accenna ad un recente rialzamento di quella terra. Tal depósito è costituito di strati orizzontali di arenaria sottilissima, ora bigia, ora giallastra, tra i quali v' ha pure, localmente, un banco di puddinga, contenente conchiglie fossili recenti e principalmente la *Purpura haemastoma*. Ad occidente del punto ove le navi vanno a far acqua, presso l' ancoraggio,

([1]) Bourdon, *Bulletin de la Société de Géographie*, 1869.

([2]) *Paléont. des moll. terr. et fluv. de l'Algérie*, Paris 1862.

a circa 200 passi dalla sorgente, si osserva, dal basso al l' alto, partendo dalla spiaggia attuale, la seguente sovrapposizione di strati quaternari:

Arenaria marina.	metri	4
Puddinga con *Purpura haemastoma* .	»	0, 60
Arenaria marina.	»	1
Travertino con conchiglie terrestri fossili e piante incrostate.	»	2 a 3

Il travertino è alla *Galita* la roccia più largamente distribuita, inquantochè copre come di un ampio mantello almeno due terzi dell' isola e in alcuni punti assume una potenza che per certo è insolita, ma difficilmente si può determinare.

Parecchi osservatori notarono traccie di recente emersione nei dintorni di *Tunisi*. Il mio compianto amico Eugenio Pescetto, fra gli altri, mi riferiva alcuni anni or sono di aver veduto presso la *Goletta*, a circa 600 m. dalla riva, uno scavo praticato nel terreno, in cui appariscono strati fossiliferi ricchi di conchiglie marine. Queste, di cui ebbi qualche esemplare in comunicazione, spettano a specie viventi nel vicino mare. D' altronde, le stesse mura della *Goletta* e parte dei ruderi di *Cartagine*, fra gli altri le famose cisterne, son fatti di una panchina quaternaria, la quale trovasi in posto a *Sidi-Bu-Said* e alla *Marsa*.

Durante una breve escursione che feci nella Tunisia, durante l' estate del 1877 (1), fui pure colpito dalle traccie della recente emersione di quei litorali. Vidi presso *Tunisi* e fra *Susa* ed *Uargla*, nel *Sahel*, spiaggie marine all' asciutto per largo tratto e in modo permanente; a *Bir-el-Buita*, osservai presso il *Fonduk*, una sorta di panchina

(1) Vedasi: *Annali del Mus. Civ. di St. Nat. di Genova*, XV, 1880.

contenente conchiglie marine di specie viventi (specialmente *Pectunculus violacescens*); notai pure che il maestoso anfiteatro d'*El Gem* è costruito di una pietra consimile piena di *Pectunculus*, la quale a quanto si afferma fu tolta alle cave di *Mediah.*

Il lago di *Tunisi*, sorta di palude, comunicante mercè un piccolo canale navigabile colla rada della *Goletta*, mi parve da poco scemato in estensione, perciocchè le sue rive, verso *Tunisi*, sono coperte di conchiglie calcinate. Che il perimetro del lago e la profondità delle acque sieno diminuite è cosa certa, poichè da lungo tempo accoglie i rifiuti della città; ma che questa diminuzione dipenda dal sollevamento del fondo, come io sospettavo, non è probabilmente conforme al vero. Le conchiglie depositate sulle sue rive possono provenire da qualche temporario rialzamento delle acque, cagionato da circostanze meteorologiche, e forse anche da tentativi di spurgo, cioè da materiali estratti dal fondo.

Comunquesia, sembra che sulle coste di *Tunisi* come sulla massima parte di quelle dell' Italia penisulare, si manifestino segni di un avvallamento, avvenuto durante i tempi storici. Udii narrare più d' una volta, ed anche testè dal marchese G. Doria, reduce da un lungo soggiorno in Tunisia, del ritrovamento di ruderi romani e cartaginesi coperti dalle acque del lago, della scoperta di pavimenti in mosaico a ragguardevole profondità sotto il suolo attuale nel territorio di *Cartagine* e d' altri antichi avanzi trovati sott' acqua nel vicino mare.

È vero bensì, che alle foci del *Megerdah* il mare si è ritirato di più chilometri, che negli antichi porti di *Utica* pascolano gli armenti, che *Porto Farina,* per la sua scemata profondità, non può più servir di rifugio alle navi, che nella stessa rada della *Goletta* è divenuta difficile la navigazione, ma non sappiamo se e quanto i movimenti

del suolo abbiano esercitato qualche azione su questi mutamenti.

Gerardo Rohlfs riferisce d'aver osservato un abbassamento costante del litorale tripolitano fino al golfo della *Gran Sirte* ([1]). Secondo Fischer, questo fatto fu già avvertito nel 1882 da Beechey. Heinrich Barth osservò presso *Bengasi* una laguna salsa che pochi anni addietro, durante un precedente viaggio da lui fatto colà, conteneva acqua dolce (Hahn). Moritz von Beurmann, citato da Hahn ([2]) verificò nella stessa città di *Bengasi* i continui progressi del mare a danno della terra emersa. A *Tokrah* e a *Mirsa Susa* (l'antica *Apollonia*) a levante di *Bengasi,* Beechey trovò monumenti funerari sommersi.

I deserti Africani. — Fin dal 1846, Andrea Wagner osservò che la costa settentrionale dell'Affrica è meno profondamente disgiunta dall' Europa, per mezzo del Mediterraneo, di quel che non sia dal resto del continente affricano, a causa del *Saara.* « Tutto, conduce a credere, soggiungeva, che il deserto fosse in passato coperto dalle acque, per modo che le coste barbaresche formassero un'isola ». Laurent, Tristram e de Tchihacheff considerano gran parte dei deserti affricani ed asiatici come fondi marini emersi ([3]). Maw non dubita che il *Saara* fosse occupato anticamente dalle acque del Mediterraneo; e così il comandante Roudaire, il quale ravvisa nel preteso mare saarico quaternario un argomento in favore del suo progetto di condurre, per mezzo d' un canale artificialmente scavato attraverso al soglio di *Gabes,* le

([1]) *Esploratore,* anno VII, p. 177, Milano 1883.

([2]) *Zeitschr. für allg. Erdkunde,* XII, p. 406.

([3]) In una recente memoria pubblicata fra i *Proceedings* della Società geografica di Londra e riassunta dall' *Esploratore* (Anno VII, fasc. V, Milano 1883), questo scienziato abbandona l' opinione già da lui professata e sembra inclinato ad abbracciare quella di *Zittel* esposta più innanzi.

acque della *Piccola Sirte* negli *Sciott* tunisini, per dar luogo a un ampio lago interno (1).

Molti viaggiatori raccolsero tra le arene dei deserti affricani, in ispecie nel *Saara,* conchiglie marine, fra le quali primeggia il comune *Cardium edule* del Mediterraneo. Laurent, che trovò questa specie in copia sui terrazzi dell'*Aurés*, vede in essa una prova della lunga permanenza del mare in quella regione.

Escher de la Linth, Desor e Martins incontrarono il *Cardium edule* nel *Saara* fino a 275 m. d'altitudine e credettero di poter desumere da questa cifra la misura del preteso sollevamento che avrebbe convertito quella regione in terra asciutta.

Nei pregevoli trattati di Lyell (2) e di Stoppani (3) s'insegna che durante i tempi quaternari il gran deserto affricano fu sommerso. Lyell accettò senza riserva le viste di Escher e Desor, non solo per quanto ha tratto alla originaria condizione del *Saara*, ma anche in ordine alla supposta influenza che questa condizione doveva esercitare sulla climatologia europea.

J. R. Bourguignat giunge al concetto di un mare saarico quaternario per una via affatto diversa. Egli osserva che ai confini settentrionali del deserto, a mezzogiorno della catena centrale dell'*Atlante*, regna una fauna malacologica prettamente litorale, simile a quella che si trova lungo tutto il perimetro del Mediterraneo e che il *Saara* stesso non possiede una fauna speciale, ma solo tipi importativi accidentalmente; perciò crede che ai primordi

(1) Son rimasto persuaso, leggendo le relazioni di *Roudaire* e dei suoi fautori, che, niuna difficoltà insuperabile si oppone all'esecuzione di un tal progetto; ma non so vedere qual vantaggio abbia a ritrarre la causa della civiltà dalla sostituzione d'un deserto d'acqua salsa ad un deserto di sabbia.

(2) *L'ancienneté de l'homme* etc., Paris 1864. — *Eléments de géol.* 6.me ed.

(3) *Corso di geologia,* Milano 1876.

del periodo attuale quella vasta regione fosse coperta dalle acque. D'altra parte, le specie di molluschi dell'Affrica settentrionale (in numero comparativamente ristretto, come sogliono esser nelle faune continentali) non appartengono a tipi peculiari, ma sono specie o modificazioni di specie spagnuole; d'onde il nostro autore argomenta che il settentrione dell'Africa fu già una penisola della Spagna (1).

Ammesso che al principio dell'epoca quaternaria l'Africa settentrionale fosse coperta da un mare, ne vien di conseguenza che questa estesa massa d'acque doveva esercitare una grande influenza sul clima dell'Europa e delle altre regioni circostanti. È chiaro, infatti, che i venti di mezzogiorno dovevano caricarsi d'umidità più di quello che non facciano al presente e che quindi, attraversato il Mediterraneo, incontrando l'alta barriera opposta loro dalle *Alpi*, dovevano dar luogo a precipitazioni di pioggia e di neve più copiose (2).

Mossi da questi riflessi, Desor e Escher de la Linth argomentarono che l'emergere dei deserti africani avesse determinato il cessare della fase glaciale, alla fine dell'epoca quaternaria. Ma quale fu la causa per cui ebbe principio questa fase? Perchè i fenomeni del periodo frigido non si produssero anche durante i tempi più remoti, nei quali l'Africa settentrionale era sommersa in parte forse maggiore di quel che non fu posteriormente? A simili domande non è dato rispondere in modo soddisfacente.

Contro questo modo di vedere si è prodotta ora per parte di alcuni naturalisti, fra i quali citerò Zittel, Tournouër, E. Fuchs, una reazione ben viva. Essi sostengono che le arene dei deserti risultano di roccie disaggregate per effetto degli agenti atmosferici e non costi-

(1) *Malacologie de l'Algérie*, 6.me fasc., Paris 1864.
(2) Lyell, *Eléments de géologie*, 6me ed., trad. Ginestou, Paris.

tuiscono affatto una formazione marina. Pomel nega recisamente che il golfo della *Piccola Sirte* (Tunisia) sia stato mai in comunicazione col *Sciott El Gerid,* come credono Roudaire ed altri e sostiene che quel *Sciott,* al pari di parecchi altri, non fu in passato che un piccolo mar morto indipendente dal Mediterraneo (1).

Dopo aver istituito un raffronto degli argomenti paleontologici addotti pro e contro l'ipotesi di un mare saariano quaternario, dopo aver esposti e discussi nuovi fatti relativi alla controversia, Tournouër giunge alle conclusioni seguenti:

I *Cardium edule* del *Saara* si riferiscono a diverse forme non molto diverse dalle varietà viventi nel vicino mare, forme che risalgono probabilmente al quaternario antico.

Il *Cardium edule* visse in posto nei diversi bacini d'acqua salmastra indipendenti del *Saara* (*Sciott, Sebka, Daya*), a diverse altitudini sotto e sopra il livello del mare (a + 80 m. presso *Uargla,* ad oltre 400, nella parte occidentale dei *Daya* d'*Habessa*). Altre conchiglie trovate presso il *Sciott Melrhir* da Parisot (*Arca rhombea,* Born) e presso *Uargla* da Thomas (*Pecten, — Pectunculus, — Cypraea moneta,* Lin., *Triton, — Conus*) non erano in posto e la loro presenza colà deve essere attribuita all'intervento dell'uomo. Quanto ai fossili raccolti dal sig. Desor nella regione del *Suf* (*Nassa gibbosula,* Lin. — frammenti di *Balanus*), hanno probabilmente la stessa origine, ma subirono un rimaneggiamento e però furono raccolti in una rena stratificata (2).

In un suo recente studio (3) Zittel professa pure l'opi-

(1) *Matériaux pour l'Hist. posit. de l'homme,* 1877, p. 522.

(2) Tournouër, *Association française pour l'av. des sciences; Congrès de Paris,* 1878.

(3) *Ueber den geologischer Bau der libyschen Wüste,* München 1880.

nione che il deserto libico non abbia acquistato, la sua configurazione per effetto delle acque del mare, come da molti si crede, ma sibbene per l'azione combinata delle acque dolci e dei venti. A questi ultimi egli attribuisce precipuamente l'origine della formazione arenacea di cui esso è in gran parte coperto, invocando a favore della propria tesi l'autorità di v. Richthofen, il quale già considerava l'esteso giacimento di *less* della Cina come un prodotto della forza atmosferica.

Quanto a me, avendo veduto nel deserto libico rupi erose dal mare e forate dai litodomi, avendo osservato nel deserto di *Suez*, in molti punti lungo le rive del Golfo Arabico, nonchè sulle coste della Tunisia, spiaggie quaternarie emerse e depositi conchigliferi marini più o meno sollevati sul livello del Mediterraneo e del Mar Rosso, non saprei mettere in dubbio la recente emersione non di tutti i deserti africani, ma almeno di una parte della loro periferia. Sarebbe assurdo il supporre che, essendo il litorale meno alto sul Mediterraneo di 15 o 20 m., rispetto al presente, e mancando allora le dune, i travertini ed altre formazioni recenti che innalzano il livello del suolo, il mare non penetrasse nelle depressioni, *Sciott*, *Sebka* e simili più prossime alla costa, depressioni in allora ben più profonde. Non credo che le azioni meteoriche sieno state abbastanza energiche da produrre l'ingente massa di sabbia che ricopre le solitudini del *Saara*, del deserto libico e dell'istmico; a parer mio quei materiali furono tolti alle spiaggie e trasportati poco a poco nell'interno, mercè il noto meccanismo delle dune.

Mentre le acque marine penetravano più addentro nella regione di cui si tratta, essa era parzialmente occupata, ad altitudini diverse, da vasti bacini d'acqua salmastra, non comunicanti col mare, nei quali vivevano peculiari varietà di *Cardium edule* e pochi altri molluschi. In al-

lora, il Mediterraneo potè trovarsi temporariamente in rapporto coll'Eritreo.

Egitto. — I segni di depressione lievi e dubbi nella Tunisia, più manifesti nella Tripolitania, si fanno in Egitto assai spiccati.

Girard, uno degli scienziati addetti alla grande spedizione francese in Egitto, dimostrò dopo accuratissime indagini, che l'accrescimento secolare del suolo, tra *Elefantina* e il *Cairo,* per effetto dei sedimenti depositati dal *Nilo,* è in media di 126 millimetri. Considerando la copia d'acqua che produce tali risultati e quella che innaffia il basso Egitto, non si può a meno di argomentare che in quest'ultimo territorio il rialzamento del suolo debba essere non minore. In 30 secoli, egli osserva, il rialzamento deve aver raggiunto m. 3,78. L'ampiezza del lago di *Menzaleh* dovrebbe essere adunque scemata coll'andar dei secoli; le paludi che lo circondavano non dovrebbero più esistere. Si osservano invece, avverte Jomard, risultati diametralmente opposti. Il lago e le paludi non solo non sono in via di diminuzione, ma aumentano costantemente, occupando territori che erano in passato coltivati e abitati. Questo fatto dipende evidentemente da un mutamento progressivo nel rapporto fra il livello del suolo e quello del mare. Se il mutamento sussiste, scrive Jomard [1], ciò non può avvenire che in tre modi: o il mare si è innalzato, mentre il suolo si è accresciuto, o il suolo si è avvallato a misura che riceveva nuovi depositi, restando costante il livello del mare, o si è abbassato il livello del suolo, alzandosi ad un tempo quello del mare.

L'autore precitato, non dissimulandosi la difficoltà presentata dal problema, propone una ipotesi che, in mancanza di una spiegazione più soddisfacente, vale a render conto

[1] *Description de l'Egypte,* tome V, p. 126.

del fenomeno. Egli ricorda le centinaia e centinaia di terremoti che si fecero sentire negli ultimi 25 secoli lungo le coste dell' Egitto, della Siria e della Barberia e fa notare che tali scosse sì frequentemente ripetute debbono aver provocato nella zona marittima del delta, costituita di materiali molli e cedevoli, un doppio movimento cioè un assettamento e una discesa dei materiali verso le parti basse, ove nulla si opponeva alla loro progressione. Così, egli scrive, i depositi del *Nilo,* hanno potuto avvallarsi e distendersi a parecchie riprese sul fondo marino, essendo seguiti nel movimento loro dal suolo dei laghi e dei territori vicini, suolo sempre ammollito dall'umidità. Soggiunge poi: « Il serait même possible que l'éffet des secousses souterraines eut été augmenté par un très-léger enfoncement du berceau solide qui à une profondeur plus ou moins considérable, sert d'assiette au *Delta.* Mai la supposition de cette cause secondaire ne deviendrait péremptoire qu' autant qu'il serait prouvé que la chaine calcaire d'*Alexandrie* et d'*Abouquyr* est actuellement un peu plus enfoncée au dessous du niveau de la mer qu'elle ne l'était anciennement; or, à cet égard, je n'oserais avancer que le témoignage des observations est unanime » ([1]).

Secondo Tissot, che fece lunga permanenza in Egitto, il movimento discendente si estenderebbe colà dalla riva del mare fino alle cateratte d'*Elefantina,* sopra una lunghezza di 850 chilometri in linea retta. Nel delta del *Nilo,* ove giungono le acque del fiume all' epoca della periodica innondazione, lo strato di melma fertilizzante che ogni anno si deposita sui territori sommersi compensa più o meno completamente l' azione del bradisismo, il quale per ciò è poco manifesto. All' equilibrio che regna fra la sedimentazione e il progressivo deprimersi del suo letto si deve

([1]) Jomard, *Opera citata,* p. 131.

attribuire indubbiamente la mirabile costanza che si verifica nell'economia di questo fiume dai tempi storici più remoti fino ai giorni nostri. Non solo si mantiene invariabile il rapporto fra il livello delle piene e quello delle sponde e delle pianure contigue, ma non varia sensibilmente l'estensione del delta. Prescindendo dalle barre che separano l'estuario nilotico dal mare aperto e che a norma delle stagioni si accostano alla riva o se ne allontanano, la terra emersa sembra non essersi punto accresciuta a spese del mare alle foci del *Nilo*. L'asserzione che il mare si sia ritirato da *Damietta*, che già fu porto visitato dalle maggiori navi, è destituita di fondamento, perciocchè la *Damietta marittima*, conquistata dai Crociati condotti da S. Luigi fu distrutta nel 1250 e ricostruita secondo lo storico contemporaneo Abu-l-Feda (¹) a 6 miglia arabe (pari a 11 chilometri circa) a monte dell'antica, ed ora si trova precisamente ad una uguale distanza dal mare.

Ove non giungono i sedimenti del *Nilo* e specialmente ove la costa è scogliosa, il movimento discendente dell'Egitto si manifesta coi consueti segni.

A ponente d'*Alessandria*, si osservano antiche tombe, ora sommerse, scavate nella roccia. Son troppo noti i costumi funerari degli antichi Egizi per ammettere che quelle tombe non si trovassero originariamente ad un livello più alto. Nella medesima località, i viaggiatori accorrono a frotte per visitare i così detti *Bagni di Cleopatra*, un tempio sotterraneo dell'epoca tolemaica, invaso dal mare.

Mahmoud bey osservò in *Alessandria* d'Egitto numerosi pavimenti di antiche strade sotto il livello attuale del suolo. A 3 metri circa al di sotto della odierna *Chari Bab Charki* (via della porta orientale) si trovano i resti della antica strada *Canopica*, la cui altezza sul livello del

(¹) Tissot, *Op. cit.*, p. 62.

mare è di soli m. 4, 7 (¹). I pavimenti antichi non riposano sul terreno primitivo, ma sopra uno strato di detriti che ha in media ùn metro e qualche volta uno e mezzo di spessezza.

Gli antichi autori accennano ad una diga che difendeva dal lato sinistro il porto di *Alessandria;* Mahmoud bey la trovò da 3 a 4 m. sotto il livello del mare. L'isola d'*Antirrhodus* e il molo d'*Antonio,* di cui accenna Strabone, furono rinvenuti anch'essi sotto il livello del mare, come pure i resti di parecchie altre antiche costruzioni.

La località in cui sorgeva *Canopus,* situata secondo Mahmoud bey sulla diga di *Abukir*, a 19800 metri dalla cinta dell'antica *Alessandria,* è ora in gran parte invasa dalle acque del mare. La città deve essere stata abbandonata e ben presto ruinata, giacchè gli autori arabi anche più antichi ne tacciono.

Riguardo alla misura della depressione, attingo alla memoria del conte Paoli, già più volte citata, le indicazioni seguenti (²):

« Il Cordier però da osservazioni ch'egli dice d'aver fatte in *Egitto* insieme appunto col Dolomieu, asserisce risultare che tutta quella parte del continente dell'*Africa* soggiacque ad un abbassamento progressivo di 2 o 3 centimetri per secolo (³); lo che in 21 secoli e mezzo circa, a contare dalla fondazione di quella città avvenuta 352 anni A. C., e supposto ancora che questo avvallamento abbia avuto effetto fino da quell'epoca, non porterebbe che 0,64 metri, quand'anche si prenda il maximum dell'abbassamento indicato dal Cordier. Dicasi anzi che lo stesso Dolomieu valutò a un piede l'abbassamento

(¹) Mahmoud-bey, *Mémoire sur l'antique Alexandrie,* Copenhague 1872, p. 78.

(²) *Opera citata,* p. 66.

(³) *Ann. des Min.* 2.e ser., t. II, p. 127.

de' contorni di *Alessandria* dal tempo de' Tolomei insino a noi (¹). Una depressione si tenue può, io dico, facilmente concordarsi con l'opinione di quei fisici che dissero l'*Egitto* non presentare alcuna variazione di livello; e tanto più se per avventura essi abbiano lasciato di considerare gli effetti dell'interrimento ».

A me sembra più prossima al vero, dopo i fatti riferiti precedentemente, la cifra di un millim. e mezzo adottata dal Tissot come valore probabile della depressione annua in Egitto.

Istmo di Suez, Mar Rosso settentrionale. — Sulle coste del golfo di *Suez* si trovano spiaggie emerse quaternarie che consistono generalmente di sabbia sottile, gialla o fulva, simile a quella che costituisce il fondo attuale della rada omonima; questa sabbia, cementata da elementi gessosi o calcari, forma talora, insieme alle conchiglie, massi compatti paragonabili per l'aspetto e la solidità ad un travertino. Commisti ai testacei, vi si trovano denti e vertebre di pesce, echinodermi interi od in frammenti, polipai, briozoari e gusci di rizopodi in numero sterminato.

Questi depositi conservano la loro orizzontalità primitiva, e la loro altezza sul livello del mare varia da pochi decimetri fino ad oltre 50 metri. Essi appariscono in molti punti lungo il litorale e sono assai sviluppati sulla costa orientale, al di là delle oasi denominate le *Fontane di Mosè*. Lo stesso istmo di *Suez* può dirsi un gran deposito della medesima natura, ma quasi ovunque povero di fossili; la sua emersione è dovuta evidentemente alle stesse cause che hanno determinato l'innalzamento del litorale eritreo. Tra *Porto Said* e *Suez*, la sua massima altezza sul livello del mare è di 18 metri e si verifica nel punto detto *El-Guisr*.

(¹) *Bib. Brit.* S. et A., t. XII, p. 400.

Le conchiglie fossili, provenienti dalle spiaggie emerse del golfo di *Suez*, occupano in generale la posizione che sogliono presentare gli individui viventi e spesso sono in ottimo stato di conservazione; in alcune specie si osserva, quantunque molto impallidita, la primitiva colorazione. Esse rappresentano, in complesso, una fauna poco diversa da quella vivente nel medesimo golfo, nella quale i generi *Conus, Mitra, Strombus, Cypraea, Cerithium, Arca* ed altri, propri ai bassi fondi, hanno il maggiore sviluppo. Alcune specie di questa formazione non si conoscono viventi nel Mar Rosso; ma ciò si deve attribuire in gran parte al fatto che la ricchissima fauna eritrea non è ancora del tutto nota.

Le seguenti specie del Mediterraneo si trovano anche rappresentate tra quelle delle spiaggie emerse [1]: *Nassa costulata**, *Nassa mutabilis, Murex trunculus, Patella coerulea, Calyptraea Chinensis**, *Arca lactea**, *Arca Noae, Gastrochaena dubia**, *Solecurtus strigillatus**, *Donax trunculus.*

Le cinque segnate con asterisco furono anche segnalate nella fauna odierna del Golfo Arabico.

Le medesime cause che provocarono l'innalzamento dei sopradescritti depositi conchigliferi diedero origine indubbiamente, come dissi, alla contemporanea emersione dell'istmo di *Suez*, e forse anche di parte dei grandi deserti africani ed asiatici. Certo è che nelle vicinanze di *Tura*, alle falde del monte *Mokattan*, osservai un antico litorale del mare quaternario, che ora trovasi sul limitare di un oceano di aridissime sabbie simili a quelle dell' istmo. Colà sorge una scogliera forata dai molluschi litofagi, incavata ed erosa dall' azione distruttiva dei flutti, alla cui base sono accumulati frammenti di scoglio e detriti staccati dalle onde, come se il mare si fosse appena ritirato.

[1] Si avverta però che alcune sono un po' diverse dal tipo e costituiscono forse distinte varietà.

Che l'istmo di *Suez* fosse coperto dal mare in un passato non molto remoto, ne fanno testimonianza le conchiglie fossili e, subordinatamente, anche gli estesi depositi salini che occupavano il fondo di quelle grandi depressioni chiamate *Bacini dei Laghi Amari* e la palude salsa di *Timsah*. Noi possiamo ragionevolmente congetturare che questo mare dovesse essere assai poco profondo, giacchè i fossili che si trovano nel suo letto (*Cardium edule, Donax trunculus, Arca retusa*) spettano tutti a specie caratteristiche dei bassi fondi, e poco esteso in larghezza, perchè limitato da alture ad oriente e ad occidente.

Quantunque fra il Mediterraneo ed il Mar Rosso non vi fosse in allora soluzione di continuità, pure si può asserire che esistevano nei due mari faune interamente distinte. Infatti, nella metà meridionale dell'istmo le conchiglie subfossili delle spiaggie emerse, sono per lo più riferibili a specie dell' Eritreo (*Murex anguliferus,* Lam, — *Ostrea cornucopiae,* Lam, — *Arca retusa,* Lam, ecc.), mentre nella metà settentrionale invece si trovano esclusivamente specie mediterranee (*Nassa gibbosula,* Lin, — *Cardium edule,* Lin, — *Donax trunculus*, Lin. — *Patella coerulea*, Lin).

Ad onta di ciò, non si può escludere il supposto che qualche specie non si propagasse attraverso lo stretto; anzi tengo per fermo che tal fatto si verificasse, ma per un piccolo numero di specie. È probabile che col favore di una corrente, la quale si portava dal Mediterraneo all' Eritreo per compensare le perdite prodotte da una rapida evaporazione, avvenisse il transito dal primo mare al secondo.

L' esame della costituzione geologica dell'istmo dimostra che durante l'eocene ed il miocene i due mari furono anche in comunicazione, e siccome le formazioni marine di questi periodi, distinte da numerosa serie di fossili, pre-

sentano notevole sviluppo in Egitto (¹), si deve argomentare che la comunicazione fu in allora molto più estesa ed ebbe assai più lunga durata. È assai ben conosciuta la fauna mummulitica dell' Egitto, massime in seguito alle indagini del prof. Bellardi (²). Zittel raccolse una ricca serie di fossili miocenici presso *Siuha* nell'*Oasi d'Ammone,* fossili i quali, secondo T. Fuchs, sono più recenti degli scisti di *Merignae* e *Schio* (aquitaniano) e più antichi dei sedimenti sarmatici.

Sembra che al principio del quaternario si verificasse nell' istmo ed in altre parti dell'Egitto una emersione forse locale, di cui rimarrebbero le traccie in certi sedimenti fossiliferi contenenti ossa di mammiferi fossili, scoperte colà durante i lavori del canale marittimo.

Figari bey segnalò in Egitto l' esistenza di formazioni marine plioceniche, la cui cognizione sarebbe di grande interesse per l'indagine che qui ci occupa, ma non furono ritrovate da altri naturalisti (³).

Lungo le coste del Mar Rosso, si indicarono in molti altri punti spiaggie sollevate da tempi geologicamente recenti, nonchè depositi litorali calcarei o arenacei, ricchi di fossili (⁴). De Rosière ne osservò uno di calcare, che dall' aspetto si sarebbe detto oolitico, a due leghe al sud delle *Fontane di Mosè,* e vi raccolse una *Tridacna* fossile. Egli

(¹) Vedasi la carta di parte dell' Egitto e del deserto *Libico,* nella memoria di A. Zittel intitolata: « *Ueber den geologischen Bau der libyschen Wüste,* München 1880 ».

(²) Bellardi, *catalogo ragionato dei fossili mummulitici d' Egitto della raccolta del R. Museo di Torino,* 1851.

(³) I gravi errori segnalati nelle carte e negli scritti di questo autore fanno sì che della sua asserzione non si possa tener conto.

(⁴) Si consultino in proposito le seguenti memorie: Russegger, *Reisen in Europa, Asia und Afrika,* 1842; *Bulletin de la Soc. geol. de France,* vol. XI, p. 66, 1839; *Neu Jahrb,* fascic. 2.°, 1839. — Ehrenberg, *London and Edinburgh philosoph. Magaz,* 1841, p. 445.

accenna pure ad altro giacimento composto di conchiglie e di arena sulla costa occidentale del golfo di *Suez*, a poche ore di distanza da questa città. Forse analogo al precedente è quello situato lungo la strada da *Corondel* alle fontane termali di *Hamman*, a 50 metri d' altezza sul mare, ove il medesimo De Rosière raccolse echinidi fossili (¹).

Newbold si occupò egli pure dei giacimenti fossiliferi che formano una specie di cordone litorale intorno al golfo di *Suez* e vide che si estendono ad occidente per una lunghezza di 4 o 5 miglia fra il mare e le colline parallele alla costa, sollevandosi a ben 20 m. sul livello marino (²). Rüppel riferì d' aver incontrato coralli emersi, fra *Tor* e *Ras Mohammed* a 9 o 10 m. d'altezza sul livello marino (³). Burton avrebbe osservato un deposito consimile presso l' imboccatura del golfo di *Suez*, sulla costa arabica, a 200 piedi d'altitudine.

T. Fischer osservò che le rive del Mar Rosso presentano le traccie di mutamenti climatologici assai ragguardevoli. Le pioggie sono diminuite ovunque; di parecchi corsi d' acqua non rimane che il nome; tal' è il fiume di *Petra*, nella penisola del *Sinai*, di cui il letto prosciugato sparso ancora di ruderi di antichi ponti, attesta la primitiva condizione. Molte oasi sono scomparse o fatte più anguste; così, per esempio, quella delle *Fontane di Mosè* è ridotta ad una piccola parte della sua estensione originaria.

Non è impossibile che siffatto prosciugamento abbia qualche connessione coi movimenti del suolo di cui si sono registrati o descritti sì numerosi ésempi.

Secondo Schweinfurth, il ramo orientale dal Mar

(¹) De Rosière, *Description de l'Égypte*, ed. II, vol. XXI, p. 298.
(²) Newbold, *Proceedings of Geol. Soc. of London*, vol. III, p. 782.
(³) *Reise in Abessinien*, I, p. 140.

Rosso o golfo d'*Akaba* avrebbe avuto in tempi recenti una estensione assai maggiore, si sarebbe cioè internato nella valle *Araba* fino al bacino del *Mar Morto,* il quale risulterebbe dall'ultimo residuo di quel golfo prosciugato (1). Tali induzioni, ammesse da alcuni viaggiatori, sono respinte da altri (2). Non v'ha dubbio, ad ogni modo, che il *Mar Morto* occupasse in passato un bacino assai più ampio di quello in cui si trova confinato al presente.

Mar Rosso medio e meridionale. — Klunsinger si assicurò del progressivo emergere dei fondi coperti di madrepore e del conseguente ritirarsi del mare a *Cosseir.*

A *Gedda*, sulla costa arabica, e a *Sauakin,* sulla africana, vidi io stesso estesi tratti di banchi madreporici a secco. Il dottore Malcolmson, riferisce Darwin, raccolse conchiglie e coralli d'aspetto recente nell'isola *Camaran* a circa 30 o 40 piedi d'altitudine.

Le sponde dell'*Eritreo* in faccia a *Massaua,* e nella baia di *Adulis* presentano una serie di colline, formate di calcari conchigliferi, di sabbie più o meno argillose, commisti di gesso, pur riferibili alla formazione delle spiaggie emerse (3). Markham avrebbe ritrovate le rovine d'*Adulis,* che fu città marittima, a 7 chilometri dalla riva odierna (Reclus).

Lo scrivente ebbe occasione di osservare la medesima formazione a *Moncullo*, nella baia di *Assab,* a *Ras Dumeira* e a *Raheita.* A *Jambo, Loheia, Hodeida, Moka* si ripetono condizioni analoghe. A *Ras Luma,* nella baia d'*Assab,* si trova la sabbia della spiaggia emersa, in certi tratti, come aggregata in una sorta d'arenaria, per effetto di colate di lava basaltica ond'è ricoperta.

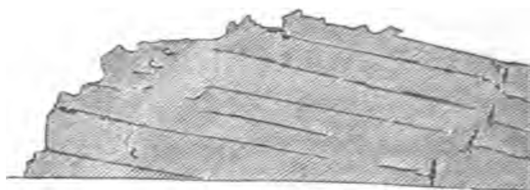
(1) *Geograph. Mitth.*, 1868, p. 246.

(2) Louis Lartet nega recisamente la possibilità della supposta comunicazione.

(3) Vignaud, *Rapport géologique sur la province du Tigré, Bulletin de la Soc. géol. de France,* 1843, p. 492.

L'isola *Dissée* presenta estesi banchi madreporici, simili agli attuali, recentemente abbandonati dal mare [1]. Le isole di *Massaua, Scek-Said* e *Tau-el-Hud,* nel golfo d'*Archico,* si trovano nelle medesime condizioni.

Nelle isole dell'arcipelago di *Dahlac* da me visitate, cioè in *Dahlac*, *Nora, Sarato,* oltre alle solite arene ed ai consueti banchi madreporici emersi, osservai un calcare grossolano cavernoso, ricco di conchiglie in cattivo stato di conservazione che spetta probabilmente ad un quaternario antico [2]. I fossili sembrano presso a poco gli stessi degli altri fondi emersi. In alcuni punti di *Dahlac* e a *Sarato*, questo calcare raggiunge parecchie diecine di metri d'altitudine ed è alquanto inclinato sull'orizzonte.



Strati di calcare quaternario sollevati ed inclinati nell' isola di *Sarato.*

Ad onta delle traccie di un recente sollevamento tanto visibili lungo le due rive del Mar Rosso, Darwin credette di dover ascrivere alla categoria delle sue *barriere* le due catene di secche, di banchi e d'isolette che corrono parallele a queste rive, specialmente alla orientale, a ragguardevole distanza dalla terraferma, verso la parte media del Golfo Arabico [3]. Ai due lati delle due catene,

(1) Courbon, *Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences,* 1863, p. 426.

(2) Manifestai in altra occasione il sospetto che questo calcare fosse pliocenico (vedi il mio *Viaggio nel Mar Rosso e tra i Bogos,* Milano 1871, p. 74); ma per verità mancano argomenti sufficienti per sostener questa presunzione.

(3) *Les récifs de corail,* trad. Cosserat, Paris 1878, p. 209.

il mare è assai profondo. I banchi sono pianeggianti e marginati di coralli viventi.

Non senza perplessità io ho adottato l'interpretazione di Darwin, circa il significato della disposizione sopra citata; per altro, siccome a me è sembrato, dopo l'ispezione dei luoghi, che tutte le spiaggie eritree fossero in via di progresso e che il sollevamento dei banchi emersi fosse un fatto recentissimo, ne ho concluso che il fenomeno da cui le barriere ripetono la loro formazione risalisse ad epoca più antica del sollevamento, ed ho colorito a norma di questa supposizione la regione di cui si tratta sulla carta bradisismica di cui è corredata la presente memoria.

Alle ragioni suesposte, per ammettere che una parte del Mar Rosso ebbe a subire in tempi remoti un lento avvallamento, va unita la considerazione che fra le isole da me visitate, *Dahlac* presenta una baia ampia e profonda che ricorda il bacino interno di certi *atoll* imperfetti e *Sarato* possiede una vera laguna centrale, per verità assai piccola, che comunica col mare aperto mercè uno stretto canale.

Costa orientale d'Africa. — A *Tugiurra,* nel golfo omonimo, furono osservate spiagge emerse analoghe a quelle che si trovano lungo le rive del Mar Rosso. Révoil vide recentemente presso *Gandala, Meraya, Guersa* e in altri punti della costa africana popolata dai Somali, le traccie di un'antica riva del mare con conglomerati ricchi di conchiglie (¹). Si tratta evidentemente di una spiaggia emersa quaternaria; i nomi di fossili registrati dall'osservatore, son però così scorretti che riesce difficile di ricavarne un criterio cronologico.

Fra il 3° grado al nord dell'equatore e oltre il 15° al sud, la costa occidentale africana è distinta sulla carta

(¹) *Bulletin de la Société de Géographie,* vol. XIX, 1880, p. 263.

delle formazioni madreporiche di Darwin, coi segni propri ai lidi recinti di frangenti, lidi i quali, secondo ogni verosimiglianza, subirono da breve tempo e forse subiscono tuttora un movimento dal basso all'alto.

Nei pressi di *Zanzibar,* si riconobbero traccie di un sollevamento preistorico in spiaggie emerse, sulle quali trovansi copiosi residui marini. Nei dintorni di *Bagamoyo,* Burton segnalò vere linee litorali, alte sul mare da 30 a 35 m. Thornton rinvenne in quelle medesime contrade resti marini recenti, più o meno lontani dalla riva fino a 90 m. sul livello dell'Oceano. A *Pemba* si notarono analoghe traccie. Non è men vero, tuttavolta, che *Zanzibar, Pemba* e probabilmente altre terre vicine sono ora comprese in una zona di depressione succeduta al bradisismo ascendente, di cui sopra, e ciò risulta dalla osservazione diretta; Krapf riconobbe anche segni di avvallamento moderno nell'isola di *Kiloa* (Hahn).

Procedendo verso mezzogiorno, Erskine avrebbe osservato alla foce del *Limpopo* copiose conchiglie marine ad un livello cui più non giunge l'Oceano. La città di *Port Natal* offre traccie di sollevamento recente (Hahn). Griesbach vide su quella costa, a mezzogiorno di *Port Natal,* certe caverne, che sembrano scavate dal mare, a m. 3, 6 sopra il suo livello (Hahn). Presso *Port Elisabeth,* Stow trovò depositi litorali, con gusci di molluschi recenti, alquanto sollevati. È opinione generale che le pianure situate fra *Table Bay* e *False Bay,* fossero occupate dal mare in un'epoca non lontana da noi (Fritsch).

Lacchedive, Maldive ecc. — Già, per incidenza, accennai ad una zona di depressione ben manifesta nelle catene d'isole e di scogliere anulari che costituiscono i gruppi delle *Lacchedive,* delle *Maldive* di *Chagos* (¹) e *Saya de Malha,*

(¹) Forse dovrebbe scriversi *Ciagos.*

zona che discostandosi dai pressi della costa occidentale della penisola indiana, non lunge dalla sua estremità, si dirige da nord a sud nei primi tre, quindi volge a ponente con *Saya de Malha* e forse si continua con *Cosmoledo* e le *Comore*, congiungendosi poi colla piccola area d'avvallamento testè segnalata nei pressi di *Zanzibar*, area, nella quale spesseggiano tuttavia le traccie di un sollevamento anteriore.

Uno degli *atoll*, appartenente al gruppo delle *Maldive*, mentre qualche anno prima era ben visibile sopra il pelo dell'acqua e portava alberi di cocco, fu ritrovato dall'ufficiale Prentice tutto coperto di corallo vivente e per conseguenza sommerso (Darwin).

Madagascar e I. Mascarine. — La costa N. O. di Madagascar sarebbe animata, secondo Grandidier, da un movimento di ascensione (¹). Secondo i documenti raccolti da Darwin, la grande isola presenterebbe frangenti litorali ben spiccati alla punta settentrionale, lungo la costa nord-est e in un piccolo tratto della costa occidentale verso mezzogiorno. Il capitano Owen, citato da Darwin, accenna poi a roccie madreporiche sollevate da lui vedute nel settentrione dell'isola (²).

Le isole *Bourbon* e *Maurizio*, che possono considerarsi come dipendenze di Madagascar, presentano frangenti madreporici litorali distintissimi e coralli emersi ben alti sul livello marino e però possono legittimamente comprendersi fra le terre in cui regna, o regnò fino a tempi a noi vicini, un movimento ascendente.

Interno del continente africano — Se penetriamo nel cuore del continente africano, ci appariscono sopra vasti tratti della sua porzione settentrionale i segni di un'alterazione pro-

(¹) *Comptes Rendus des Séances de l'Acad. des sciences*, Août 1867.
(²) Owen, *Africa*, II, p. 37 (citaz. di Darwin).

fonda nelle condizioni idrografiche del paese, alterazione alla quale sono forse estranei i lenti movimenti del suolo. Nel *Saara* propriamente detto, come nel deserto *Libico,* si osservano, come è ben noto ai viaggiatori, terreni incisi e scavati da potenti erosioni; ma l'agente erosivo, il corso d'acqua, è scomparso; ampi letti ghiaiosi e ciottolosi fanno fede anch'essi dell'esistenza in tempi remoti di fiumi e torrenti omai privi d'acqua. Ruderi più o meno antichi, traccie di coltura e perfino manufatti di selce, che risalgono ad età remota, attestano che il paese fu altra volta popolato o almeno frequentato dall'uomo, mentre al presente è deserto e inabitabile (¹). Ai giorni nostri diminuiscono gli umori dei pozzi e delle fontane, si innaridiscono le sorgenti, la vegetazione languisce e muore, talchè certe oasi già popolose, divenute improprie alla coltura, furono poco a poco disertate dagli abitanti. Nella regione dei *Sebka* il prosciugamento è reso ben manifesto dallo estendersi delle sponde emerse.

Il medesimo fenomeno ha luogo indubbiamente nel bacino del lago *Tschiad,* in cui va crescendo visibilmente la porzione emersa di certi isolotti ed aumenta di pari passo l'estensione delle rive.

In alcune parti del deserto africano, il lento prosciugarsi del suolo potrebbe esser conseguenza non già di un sollevamento, come a prima vista parrebbe più legittimo il supporre, ma di una depressione degli strati argillosi permeabili che ricuoprono i sedimenti acquiferi profondi. Altrove è chiaro che, indipendentemente dai bradisismi, il clima si è fatto più asciutto e caldo.

Più a mezzogiorno, nella regione dei grandi laghi, si dà un fenomeno diametralmente opposto; le acque, cioè, sem-

(¹) Vedasi in proposito il sunto d'una memoria di Tchihatcheff nell'*Esploratore* di Milano, anno VII, fasc. 5.

brano in grande aumento, e però non è irragionevole il sospetto che ivi si eserciti un movimento del suolo dall'alto al basso.

Allorchè, nel 1876, il viaggiatore Stanley giunse per la seconda volta sulle sponde dei grandi laghi africani osservò che tre palmizi, i quali si trovavano nella piazza del mercato in *Ugigi,* ad una notevole distanza dal *Tanganika,* non erano più che a 100 piedi dal lago. La spiaggia arenosa lungo la quale egli e Livingstone solevano fare, nel 1871, le loro passeggiate mattutine era coperta dalle acque per una larghezza di ben 200 piedi. Gli indigeni affermano, d'altra parte, che le loro coltivazioni di riso si estendevano altra volta di ben tre miglia oltre la spiaggia attuale, in una zona ora occupata dalle acque. Or sono 30 anni, gli Arabi passavano a guado il canale che separa la terraferma dall'isola *Bangwe;* nel 1876 questo canale, secondo gli scandagli di Stanley, era profondo dai 17 ai 25 piedi.

In una fotografia eseguita nel 1876 dallo stesso Stanley, si vede effigiato un isolotto presso la riva del lago; orbene cinque anni prima questo era ancora unito alla terraferma [1].

Nell'Africa meridionale e specialmente nella regione del capo di *Buona Speranza* si verifica generalmente una costante e progressiva diminuzione delle acque dolci correnti e stagnanti. Alcuni autori fra i quali Howorth [2] e Frisch [3] mentre recano molteplici prove di questo fatto, del quale omai non si può più dubitare, lo attribuiscono ad un lento sollevamento del suolo. Nella costa orientale della estrema punta del continente nero, non manca qual-

[1] Stanley, *Attraverso il continente misterioso, Giro del Mondo,* 1878.
[2] *Journal of R. Geograph. Society,* 1874, p. 254 (citaz. di Hahn).
[3] *Zeitschrift der Gesellsch. für Erdk.,* III, p. 146.

che traccia di un tal movimento, ma nulla si sa della costa occidentale.

Affine di accertare le vere cause del fenomeno, così nel sud come nel nord, sarebbe necessario uno studio assai arduo e complesso, di cui mancherebbero allo scrivente gli elementi essenziali. Una di queste cause potrebbe essere diminuzione di pioggie dipendente da condizioni generali estranee a quel continente; ovvero, essendo pur meteorologica la cagione immediata, potrebbe derivare in via indiretta da un sollevamento, il quale avesse per conseguenza di rendere più rapida l'evasione delle acque superficiali. Meglio ancora di un sollevamento, un movimento d'altalena che accrescesse l'inclinazione delle terre alte verso l'interno e promuovesse l'afflusso delle acque da quella parte renderebbe conto del fenomeno (¹).

IV. OCEANIA.

Nuova Guinea e isole adiacenti. — *Port Dorey,* presso l'estremità settentrionale della *Papuasia*, si trova, secondo le carte rilevate dagli ufficiali della *Coquille,* nella condizione delle terre munite di frangenti litorali. Forest allude a simili frangenti veduti all'ingresso della baia di *Piapis* (Darwin).

Una parte ragguardevole delle coste settentrionali delle isole *Waigheu* offre la medesima particolarità, come pure un certo numero d'isole dello stretto di *Dampierre* (Horsburgh). Per contro, al nord-est di queste isole, le *Guedes* (o *Freewill* o *San David*) formano, a quanto sembra, un *atoll:* e parimente diconsi anulari i banchi di *Carteret* e il gruppo di *Aiu;* vi hanno quindi maggiori presunzioni per ritenerli in via di decrescenza anzichè in aumento.

(¹) Vedansi in proposito le considerazioni di Hahn nell'*opera cit.*, p. 37.

Parecchi bassi segnati sulla carta delle adiacenze di *Salvatti,* al settentrione della *Nuova Guinea,* fatta dal tenente Mac Cluer nel 1791, furono ritrovati nel 1872 dal conte Lovera De Maria, comandante della *Vettor Pisani,* convertiti in isolette coperte di folte macchie, ad 8 metri d'altezza. Dallo stesso comandante furono pure incontrate molte isolette (non segnate nelle carte), le quali pochi anni addietro probabilmente non esistevano.

Alla estremità N. O. della Nuova Guinea, il rilievo dell'imboccatura S. O. del canale di *Galewo,* eseguito nel novembre 1872 dalla *Vettor Pisani,* discorda in più punti da quello effettuato 81 anni avanti dal tenente Mac Cluer. Infatti, le isole denominate *Alberto* e *Camiz* dal comandante Lovera, non esistevano all'epoca del primo rilievo ed erano rappresentate da bassi arenosi a fior d'acqua. L'isola *Camiz,* che è la più elevata, si alza di 3 a 5 piedi sul livello dell'alta marea; per conseguenza il sollevamento del fondo se fosse proceduto uniformemente e tuttora continuasse nella medesima misura, come pare, si verificherebbe in ragione di un piede circa per 16 anni.

Anche le isole intorno a *Mysol* offrono traccie di un rapido sviluppo che il comandante Lovera attribuisce alle costruzioni dei coralli, ma che forse dipendono piuttosto dai movimenti del suolo. I gruppi d'isole *Vettor Pisani, Vienna, Nosella, Schilpad* ed altri incontrati dalla corvetta italiana non figurano nella carta del 1791.

Il gruppo delle *Key* offre del pari segni di sollevamenti, connessi forse col vulcanismo che si manifesta poco lunge. I rilievi di 5 a 10 metri esistenti nel gruppo *Key Kucil* e quello di 30 metri, misurato in una collina di *Key Laut,* trattandosi di terreni costituiti di soli coralli, non si possono spiegare se non ammettendo l'ipotesi di una emersione, la quale fu verosimilmente lenta come in molte località circonvicine.

Nel gruppo delle *Arù* si verifica un fenomeno analogo. Gli scandagli eseguiti dal comandante Lovera nel porto di *Dobbo,* fra polipai in parte estinti, diedero sempre cifre inferiori a quelle recate dalla carta inglese N.° 1460 e raccolti dal *Britomart* nel 1840. Anche la configurazione a piattaforma di molti luoghi della costa è favorevole a queste ipotesi. « *Dattulei,* scrive L. M. D'Albertis è sopra uno scoglio di vecchio corallo pochi metri sul livello del mare, e pare emerso come per incanto. Anzi, tutta la costa delle *Arù* che abbiamo veduta, tutta piana e solcata da numerosi piccoli canali, tutta della stessa natura madreporica, apparisce come nata dalle onde, o meglio fabbricata dai coralli, e a poco a poco sollevata » [1].

Gli scandagli eseguiti dalla *Vettor Pisani* fra le *Arù* e *Utanata* (N. Guinea), nonchè *Utanata* e *Capo Walsche* e *Capo Wessel* (Australia), paragonati a quelli registrati nella carta inglese N.° 942 B che datano dagli anni 1826 e 1828, dimostrano una diminuzione di fondo in quel mare che si può computare di circa 5 braccia lungo il parallelo del *Capo Walsche,* diminuzione che diventa meno ragguardevole procedendo dal detto parallelo verso *Utanata* o verso *Capo Wessel.*

La natura del fondo, costituita di poltiglie e di detriti, non esclude l'ipotesi che alla diminuzione della profondità in quel mare possa aver preso larga parte la sedimentazione. Questo modo di vedere sarebbe poi confermato dal riflesso che ove le acque son più tranquille il rialzamento sembra più rapido. Nullameno, è ancora prematuro in proposito ogni giudizio assoluto.

O. Beccari osserva nella sua « *Malesia* » [2] che fra gli animali, e specialmente fra gli uccelli, il medesimo

[1] *Alla Nuova Guinea* ecc., Roma 1880, p. 121.
[2] Genova, 1877.

tipo specifico, attribuendo a questa espressione il senso più largo, offre da un punto all' altro della *Nuova Guinea* notevolissime variazioni, presentandosi queste circoscritte in singoli punti come se si trattasse di animali di isole distinte, anzi lontane. Egli ravvisa la spiegazione di questo fatto nelle limitate emigrazioni degli animali da un lato e nella difficile disseminazione delle piante dall' altro; poi nell' essere stata la *Nuova Guinea* in epoca più o meno remota un grande arcipelago, le cui isole, per effetto di un sollevamento, furono posteriormente connesse fra loro.

La parte sud-ovest della *Nuova Guinea* o *Papua Onin* offre una flora e una fauna notevolmente diverse da quelle delle altre parti della regione papuana; Beccari suppone perciò che costituisse un' isola separata; la porzione bassa della costa nord-ovest presenta poi, dai punti di vista botanico e zoologico, maggiori analogie con *Salvatti* che colle terre situate verso nord-est, per cui essa pure doveva formare un' isola; è pur probabile che i due lati orientale ed occidentale della baja di *Geelvink* fossero allora divisi.

Le piccole isole vicine alla *Nuova Guinea* propriamente detta, presentano tipi di piante e di animali simili a quelli del continente papuano, ma che ne differiscono però specificamente e tengono per così dire il posto medesimo. Nell' isola di *Jobi*, a cagion d' esempio, vive la *Goura Victoriae*, mentre sulla terraferma si ritrova invece la *Goura coronata*. Altro esempio istruttivo si può desumere dalla distribuzione delle palme. Le specie che si trovano nelle isole *Arù*, sono tutte più o meno diverse, da quelle della gran terra più vicina, ma tuttavolta spettano a tipi strettamente affini; così l' *Orania Aruensis*, il *Drimophlaeus propinquus*, la *Licuala Aruensis*, sostituiscono l'*O. regalis*, il *D. ambiguus* e la *L. penduliflora*, della Papua continentale. Similmente l'*Areca macrocalya*, ha una speciale modificazione alle *Arù* ed un' altra a *Waigheu*. Da ciò il

Beccari è indotto a ritenere che, mentre a causa di un sollevamento si riunivano in un solo continente varie grandi isole, altre terre, all'incontro, si dividevano in più brani, in conseguenza di un movimento in senso opposto. Ma fin qui non credo di dover seguire l'amico autore, e se la sua prima ipotesi, che accenna ad un sollevamento, mi sembra legittima non solo per le considerazioni già addotte, ma ancora perchè chiaramente si manifestano sulle coste della *Papuasia* traccie di lenta emersione e perchè anche nei tempi storici si è verificata una diminuzione della profondità delle acque marine in varii punti di quella regione, non così la seconda che invoca una depressione, della quale per qnanto mi risulta, non si conoscono prove dirette. Senza ricorrere a così compiacente ipotesi, si può ammettere, per spiegare il fatto esposto dal Beccari, che ignoti veicoli di disseminazione esistenti in passato (per esempio correnti marine, animali ecc.) sieno poi scomparsi; ma questi veicoli non richiedono necessariamente una comunicazione terrestre e quindi un successivo abbassamento che abbia determinato la loro cessazione.

Australia e Tasmania. — Parve a Gregory, percorrendo le rive meridionali del golfo di *Carpentaria,* che ivi la pianura litorale compresa fra il 139° e il 141° di long. O. (Greenvich), verso il 18°, di lat. fosse di fresco abbandonata dal mare.

Rattray osservava, durante il 1876, nell'isola *Albany,* presso il *Capo York,* caverne dovute all'azione erosiva del mare ad un livello cui le onde più non raggiungevano (Hahn). Va sempre crescendo l'insabbiamento del canale fra l'isola *Hinchinbrook* e l'Australia, quantunque colà non mettano foce importanti corsi d'acqua.

La costa nord-est della grande isola australiana offre il più esteso ed istruttivo esempio di barriere madreporiche.

Fra lo stretto di *Torres,* infatti, e le adiacenze del *Capo Sandy,* per una lunghezza di ben 14.° di latitudine, le barriere si succedono quasi senza interruzione, ad una distanza da terra, compresa in media fra 20 e 30 miglia, che raggiunge localmente fin 90; breccie e canali trasversi in buon numero stabiliscono una facile comunicazione fra il mare aperto e la costa. Il margine esterno della scogliera, ov' è più elevato, forma, emergendo, piccole isole e secche; presso questo margine, il fondo suol scendere rapidamente e profondamente, tranne però verso le due estremità settentrionale e meridionale, presso le quali esso è piuttosto basso. Fuori della barriera e segnatamente nel tratto di mare (mar di *Corallo*) compreso fra questo e la *Nuova Caledonia,* si trovarono varie piccole isole anulari che furono in gran parte rilevate dal Krusenstern (Darwin).

Connor riferisce che dal principio del presente secolo, la profondità delle acque è in diminuzione nella baia *Endeavour* e alla foce del *Brisbane* (Australia orientale).

Il sollevamento è senza dubbio in pieno vigore nell'Australia meridionale e specialmente nella *Victoria.* Colà, secondo il computo di Petermann [1], la sua misura sarebbe di m. 0, 15 a 0, 20 per secolo.

La profondità delle acque va scemando nel portò di *Melbourne* per causa estranea all' interrimento; dimodochè ad *Hobson Bay,* il fondo si sarebbe innalzato di 1 m. in 12 anni (Becker). Anche Howorth è persuaso del lento sollevarsi dell'Australia meridionale. Rattray verificò un recente aumento della terra emersa a danno del mare nella *Rivoli Bay.* Presso il *Capo Jaffa* nell'*Encourter Bay*, vennero alla luce nuovi scogli che prima non si conoscevano [2].

(1) *Geograph. Mittheil,* 1855, p. 347.
(2) Hahn, *Opera cit.,* p. 63.

L. Becker è d'avviso che, dal viaggio di Flinder in poi, la profondità della baia di *Lacépède,* da 18 m. sia scemata a 13. Lo stesso autore accenna anche ad un sollevamento di m. 5, 4 in 56 anni (1802-58); ma si tratta verosimilmente di computo esagerato.

Wood registrò nella sua geologia dell'Australia meridionale, esempi di cordoni litorali di arena, contenenti conchiglie recenti, più o meno sollevati sul mare.

Eyre riteneva che il tratto di paese compreso fra l'estremità settentrionale del golfo di *Spencer* e la catena di *Flinder* fosse in via di rapido innalzamento. Anche nello stretto del *Re Giorgio,* furono riscontrate traccie del medesimo fenomeno.

Il capitano Wickam riconobbe, nel 1840, segni di recente emersione nelle isole del piccolo gruppo cui spetta *Depuch.*

L'*I. Verde,* nello stretto di *Bass,* dicesi formata di detriti di conchiglie sollevati a ben 30 m. sopra il livello marino (Meunier).

Nella *Tasmania* il fatto di un recente sollevamento fu avvertito primamente da Darwin, cui parve però che fosse di poca entità. Più tardi, Wintle osservava depositi di conchiglie marine sulla riva del *Derwent,* situati a ben 30 metri sulla linea dell'alta marea. Lungo le coste occidentali, a 10 miglia dal *Capo Grim,* vedonsi spiaggie sollevate (De Strzelecki).

Nuova Caledonia e isole adiacenti. — La *Nuova Caledonia* presenta ancor essa un esempio assai spiccato di barriera madreporica, il quale accusa depressione più o meno recente, secondo le vedute di Darwin, ritenute dallo scrivente conformi al vero. Parallelamente al lido occidentale di quest'isola, angusta, com'è noto, ma assai estesa in lunghezza, corre una scogliera di coralli per ben 400 miglia, la quale si mantiene ad una distanza della riva che

di rado è minóre di 8 miglia. L' estremità settentrionale della barriera, che fu visitata da Dumont d'Urville, somiglia molto per la sua disposizione ad un *atoll.* A levante della *Nuova Caledonia,* il gruppo *Loyalty,* presentando alcune delle sue terre cinte di frangenti ed altre con coralli emersi, è registrato da Darwin, nella sua carta, fra quelli che si sollevano ([1]).

Nuova Zelanda. — Secondo Haast, l'estremità nord-ovest dell' isola settentrionale della Nuova Zelanda è in via di depressione. F. T. Hochstetter fece conoscere che le traccie di questo movimento non sono limitate ad un solo punto, ma si estendono a tutta la penisola al nord di *Auckland.* La presenza dell' *Apterix* (*Kiwi*), uccello eminentemente terraiuolo nelle isolette del golfo di *Hauraki,* a settentrione di *Aukland,* è un valido argomento per ammettere che queste isole si sono da poco tempo distaccate dalla terra maggiore.

Haast riferisce che i fiumi i quali mettono al mare per le pianure di *Canterbury*, hanno letti molto incavati nel suolo e si osserva che questi letti diventano presso la costa sempre più profondi. L' autore precitato osservò nella stessa regione antiche linee litorali ([2]).

Si dà come certo il ritrovamento di fori di litofagi sulle rupi della penisola di *Banks.* Tuttavolta, questa terra (di costituzione vulcanica) sembra aver subito locali avvallamenti. Taylor fa menzione di sollevamenti avvenuti in vari punti dell' isola meridionale. Di altri mutamenti di livello verificatisi nelle isole Neo-Zelandesi ed attribuiti ai terremoti dirò più innanzi in altro capitolo.

In uno scritto inserito nei resoconti dell' Istituto di Wellington, Hutton espose nel 1872 le sue viste sulla influenza

([1]) *Les recifs de corail* etc., Paris 1878, p. 251.
([2]) *Geograph. Mittheil,* 1867, p. 176.

che i movimenti del suolo avrebbero esercitato sulla fauna e la flora della Nuova Zelanda. Egli crede che l'ultima grande fase continentale di quella regione abbia avuto principio al cominciare del pliocene e sia cessata verso la metà di questo periodo. Appunto allora, mentre la gran terra si abbassava, i *Moa* (*Dinornis*) che erano abbondantissimi, si sarebbero rifugiati nelle parti di essa, che per l'altitudine loro non potevano rimaner sommerse, ove però ben presto soccombevano vinti nella lotta per l'esistenza, resa più viva dall'angustia dello spazio.

Nel 1873, A. Milne Edwards sosteneva, in un suo lavoro sulle faune australi, la tesi che in un'epoca poco lontana dalla presente la Nuova Zelanda dovesse trovarsi in comunicazione con alcune isole della Polinesia. Poco appresso, Wallace si occupava di questo interessante soggetto nella sua opera sulla distribuzione geografica degli animali e concludeva con Hutton che in un periodo recente la Nuova Zelanda doveva essere stata più estesa. Egli ammette che l'isola *Norfolk* al nord, le isole *Chatam* all'est e le *Aukland* e *Macquarie* a mezzogiorno le fossero unite.

Per quanto concerne specialmente i rapporti della Nuova Zelanda, coll'isola *Campbell*, il sig. Filhol, dopo aver esplorata questa terra (colla spedizione inviata colà dal governo francese per l'osservazione del passaggio di Venere), si mostra persuaso che la sua emersione sia assai recente, non risalga cioè oltre il principio del pliocene. Ciò perchè non vi si trovano avanzi di *Moa* nè d'altri uccelli ad ali rudimentari, e perchè nella fauna recente mancano assolutamente i rettili che pur son rappresentati alla Nuova Zelanda. L'isola *Campbell* sembra essere, adunque, una terra recentissima e indipendente (¹).

(¹) N. Filhol, *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 27 Fevrier 1882 (N. 9).

Polinesia. — Le isole *Palau* o *Peliù*, *Caroline*, *Marshall* (compresavi *Gaspar* che s' innalza di parecchi gradi verso il N.); *Gilbert*, *Ellice*, *Sydney*, *York*, le *Viti* o *Figi*, alcune delle isole degli *Amici*, *Suwarow*, *Cook* o *Hervey*, *Tahiti* o *della Società*, le isole *Basse* o *Pomotù* e finalmente le *Gambier* e *Pitcairn*, per la configurazione anulare delle loro terre, sono registrate da Darwin nella categoria di quelle che subirono un avvallamento, e dalla posizione loro sulla carta, apparisce ben chiaro il fatto che si trovano allineate in una sola estesa zona, diretta da N-O a S-E. A settentrione si connettono a questa zona *Christmas*, *Palmyre*, la remota *Lisianskoy* e forse altre meno note; a mezzogiorno, vi si collegano alcune isolette situate tra le *Molucche* e le *Palau*, quelle dell'*Ammiragliato* (presso la Nuova Guinea) le *Luisiadi*, *Vanikoro*, la *Nuova Caledonia*, le isolette anulari e le scogliere di *Huon*, *Bampton*, *Chesterfield*, *Bellona*, con molte altre, e infine la grande barriera australiana. Verso l' est, Dana ascrive alla medesima zona le isole *Mendana* o *Marchesi*, quantunque mancanti di barriere e di atolli; ma, dalle coste loro scoscese e profondamente frastagliate egli argomenta che subiscano l' influenza cui vanno soggette le terre vicine.

Senonchè, è da osservarsi che fra le *Caroline* e le *Luisiadi* si interpongono le *Salomone* che presentano segni di recente sollevamento; fra la *Nuova Caledonia* e le *Viti* stanno le *Nuove Ebridi* che sono nel medesimo caso e similmente, fra le *Ellice* e *Palmerston*, le isole dei *Navigatori* sembrano in via d' accrescimento per effetto dei movimenti del suolo; e così la maggior parte delle isole degli *Amici*, fra le *Viti* e *Palmerston* (una delle *I. Cook*). È probabile che nella pluralità dei casi le terre che fanno così eccezione alla regola generale subirono la comune depressione, che poi cessò per dar luogo al movimento ascendente che ora vi domina. Ciò accadde indubbiamente a *Metia* e

all' isola *Elisabetta*, situate alle due estremità del gruppo di *Pomotù*, che trovansi in una delle regioni più ricche di *atoll* e pur sono ricche di coralli più o meno sollevati sul livello del mare ([1]). Lo stesso dicasi di alcune delle isole *Cook* e *Australi*, le quali (secondo osservazioni di S. Wilson riferite da Couthouy), quantunque sollevate di centinaia di piedi sul mare, presentano ancora una cavità centrale in luogo della laguna originaria.

A *Tongatabu*, i coralli emersi furono osservati a 40 o 50 piedi d'altitudine, ad *Eoua* giacevano, secondo Darwin, fino a 200 o 300 piedi. *Anamuka*, *atoll* sollevato, ricetta nel suo centro un lago d'acqua salsa di circa un miglio e mezzo di diametro non comunicante col mare. A *Mamia* nelle *Samoa*, Couthouy incontrò polipai a 80 piedi d'altitudine, sopra una eminenza scoscesa che domina una pianura bassa, contenente numerosi residui marini. Dana, tuttavolta, nega che per queste isole il fatto del sollevamento sia dimostrato.

Circa le isole *Loyalty*, ad occidente delle *Nuove Ebridi*, Darwin espone come il rev. W. B. Clarke abbia rinvenute in una di esse le traccie di un recente innalzamento di ben 250 piedi, avvenuto almeno in due tempi. Labillardière e Lesson segnalavano potenti strati di roccie madreporiche, probabilmente odierne, alla *Nuova Irlanda*. Quoy e Gaymard trovarono simili roccie sollevate a notevole altezza in parecchie delle *Marianne*. *Peel*, fra le *Marianne* e il Giappone, offre residui marini a ben 50 piedi d'altezza; *Fais*, tra le *Marianne* e le *Peliù*, è tutta formata di materiale madreporico, innalzato fino a 90 piedi d'altitudine.

Il prof. Semper, il quale visitò le *Peliù* nel 1863, scrive che le più meridionali risultano di roccia madre-

([1]) Darwin, *Les recifs de corail* etc., Paris 1878, p. 198.

porica sollevata da 400 a 500 m. d'altitudine e che alcune di esse sembrano essere state *atoll* prima del fenomeno in virtù del quale acquistarono la presente altitudine. Le isole settentrionali sono vulcaniche, assai frastagliate e presentano distinte barriere; vi sono pure tra esse tre veri *atoll*.

Alle isole *Sandwich*, parecchi naturalisti osservarono coralli e conchiglie sollevati. Se ne riscontrano in parecchi punti di *Hawai*, nell'isola *Elisabetta*, a *Mani*, *Morokai, Oahu, Nihau* ecc. In *Hawai*, Ellis trovò strati di detriti corallini a più di 20 piedi d'altitudine sul mare. Un residente di *Oahu*, citato da Darwin, asserisce che il sollevamento del suolo è colà presentemente ben sensibile. Anche agli indigeni di *Kauai* non sfugge il progressivo ritirarsi del mare, che si verifica lungo le rive della loro isola, e Couthouy non dubita che questo fenomeno dipenda da sollevamento.

Intorno alle isole della Polinesia si potrebbero aggiungere moltissimi particolari; ma preferisco indirizzare il lettore desideroso di siffatte cognizioni alle classiche opere di Darwin e Dana, nonchè alle relazioni dei grandi viaggi di Cook, Dumont d'Urville, Beechey, Belcher, Krusenstern, Freycinet, La Peyrouse, Kotzebue ecc.

V. America Settentrionale.

America boreale. — Le relazioni dei viaggiatori che esplorarono le regioni polari artiche del nuovo continente contengono numerose osservazioni che accennano ad un generale sollevamento di quelle terre. Io mi contenterò di trascrivere a questo proposito qualcuno dei numerosi documenti adunati da Hahn:

Franklin incontrò alla foce del fiume delle *Miniere*

di Rame legnami fluitati all'asciutto, a gran distanza dall'acqua ed avvertì che il fiume, il quale attraversa territori privi di boschi non trasporta simili galleggianti. Makenzie segnalò legnami fluitati a m. 3, 6 sul livello del mare presso il *Capo Lyon,* a 70° di lat. N. e 122° di long. occ. (Greenwich). Mecham, che prese parte come ufficiale alla spedizione di Belcher, vide ceppi d'alberi giacenti sul suolo e in parte sepolti nell'isola *Prince Patrik,* alberi già convogliati dal mare.

Parry incontrò nell'isola *Melville* pezzi di legno fluitati dal mare tra 274 e 365 m. di distanza dalla riva e all'altezza di 9 m.

Belcher scoprì nelle isole dell'arcipelago *Victoria* e della *Terra di Grinnel* ossa di .cetacei ed avanzi marini sollevati, da quanto egli riferisce, fino a 250 m.; ma questa cifra sembra assai alta e fa nascere il sospetto che tali resti sieno colà pervenuti per opera di qualche rapace.

Nel suo viaggio alla ricerca del mar polare libero, Hayez osservò in molti punti delle coste da lui visitate e specialmente nella *Terra di Grinnel,* traccie di recente emersione fino all'altezza di 38 metri. Presso a poco allo stesso livello, le ripe dei promontori e dei capi presentarono bene spesso segni di levigatura dovuti ai ghiacci galleggianti.

Macclintock fa menzione di segni di sollevamento alla terra del *Re Guglielmo.* Presso *Porto Kennedy,* si osservano antiche linee litorali e conchiglie recenti sollevate. Reclus riferisce che Walker raccolse in quel territorio conchiglie marine a 170 m. d'altezza sul mare ed avanzi di cetaceo a 50 (¹). Il fatto di un recente innalzamento delle isole che compongono l'arcipelago di *Parry,* osserva ragionevolmente Hahn, è dimostrato; ma non si potrebbe asserire che lo stesso movimento si continui presentemente.

(¹) Haughton, *Natural History Review,* 1860 (citaz. di Reclus).

È probabile, soggiunge Reclus (1), che il movimento che si manifesta sulle coste settentrionali dell'Europa e dell'Asia, si estenda all'est a gran parte delle terre circumpolari dell'America, settentrionale e comprenda anche la Groenlandia boreale; poichè le isole che trovansi nelle vicinanze di questo continente presentano traccie sicure del fenomeno.

Il capitano Cook trovò nello stretto di *Behring* una penisola unita alla costa mercè un sottile e basso istmo sabbioso e interpretò siffatta disposizione come conseguenza di graduato innalzamento.

Nè mancano le traccie dello stesso movimento nel territorio di *Alaska,* e particolarmente nell'isola *St. Michael* nel *Norton Sund,* ove furono segnalate da Whymper; una tradizione o leggenda vivente presso gli abitanti attribuirebbe la sua comparsa ad una rapida emersione, avvenuta sotto gli occhi dell'uomo. Nella stessa isola la terra emersa crebbe negli ultimi 40 anni assai rapidamente. Rispetto alle *Aleutine,* merita di essere ricordata la comparsa della nuova isola *Bojoslov,* avvenuta nel 1776.

A *Victoria*, capitale dell'isola *Vancouver*, Blake (2) osservò antiche linee litorali, le quali si trovano almeno a m. 6 sull'odierno livello marino. In altri punti dell'isola, Blake e Harford riconobbero giacimenti marini recenti fino a 15 m. sopra l'alta marea; le conchiglie che vi furono raccolte dal secondo di questi investigatori appartengono verosimilmente a specie tutte viventi.

Alla estremità nord-est del porto di *San Juan*, Grant trovò una spiaggia emersa con resti di conchiglie.

Lungo le rive del *Fraser River*, Begbie osservò terrazzi assai regolari.

(1) *Opera citata*, p. 717.
(2) *Silliman Journ.*, series II, XLV, 1868, p. 243 (citaz. di Hahn).

Coste occidentali degli Stati Uniti. — La regione interposta fra la *Bassa California* e il territorio di *Washington*, sembra compresa in una zona di lento sollevamento, il quale si sarebbe manifestato con antiche linee litorali, situate a variabile distanza dal mare, parallelamente alla costa [1]. Particolarità notevoli in proposito furono osservate sulle rive del golfo di *California* dal geologo Oscar Löw. Presso il villaggio *San Juan Capistrano,* a mezzogiorno di *Los Angelos,* egli vide antiche linee litorali, dalle quali argomentò che il sollevamento, ben conosciuto da quegli abitanti, abbia raggiunto non meno di m. 1, 8 in un secolo. Il progressivo prosciugamento del deserto di *Mohave* e di tutta la zona di territorio del basso *Colorado* dipende pure, verosimilmente, dal bradisismo sopraccennato.

Nel *Gran Lago Salato*, si verificarono testè notevoli mutamenti. In 10 anni il suo livello medio si sarebbe innalzato, secondo il sig. Gilbert, di m. 2, 50 e la sua superficie sarebbe aumentata del 17 per 100. Si crede che questo fatto si connetta alle variazioni avvenute nel clima del paese, alle modificazioni introdotte nel regime delle acque per effetto della coltura; ma dipende anche probabilmente dalle oscillazioni lente del suolo.

Intorno al *Lago* vedonsi chiaramente le traccie di antiche rive, ad altezze variabili fra 290 e 318 m. che accennano alla esistenza d'un bacino quaternario assai più ampio dell'attuale [2].

Alla *Sierra Nevada,* in *California,* vi sono valli di grandi fiumi scomparsi con potenti depositi.

Groenlandia. — La Groenlandia potrebbe fornire più d'un capitolo alla storia dei lenti movimenti del suolo. Mentre

(1) *Archives des Sciences physiques et naturelles,* N. 176, 1871.
(2) *American Journal,* XV, p. 35.

la parte settentrionale di questa terra, come risulta dalle osservazioni precedentemente citate, si accresce poco a poco a spese del mare, la meridionale, specialmente lungo la costa ovest, diminuisce. Tra il 1777 e il 1779, il dott. Pingel osservò nel *Firth* di *Igalliko* una piccola isola scogliosa, situata ad un tiro di fucile da *Navori*, la quale era quasi tutta sommersa dalle grandi maree della primavera; egli vide su di essa le mura d' un antico edifizio che misurava 52 piedi di lunghezza, 30 di larghezza, 6 di altezza e 5 di spessore. Il medesimo viaggiatore che visitò, dopo un mezzo secolo, questa località, trovò che tutto era scomparso, tranne i muri che soli s' innalzavano sul livello del mare. Egli verificò sopra altri 5 punti di quella regione i segni del movimento discendente e ne concluse che il fenomeno si esercita per una estensione di circa 9° da settentrione a mezzogiorno (1).

Paoli trascrive da una memoria inserita nel *Philosophical Magazine* (N. 43) le seguenti notizie intorno all' avvanzarsi del mare in Groenlandia (2).

« I dintorni della colonia di *Frederickehaab* (lat. 62° N.)
» erano altre volte abitati dai Groenlandesi; ma i soli
» avanzi delle loro abitazioni rimangono e formano un
» mucchio di pietre, sulle quali il mare passa nelle alte
» maree. Presso al ben noto ghiacciaio, che separa il di-
» stretto di *Frederickehaab* da quello di *Fiskennass,* v' ha
» un gruppo d' isole chiamate *Fulluartalik,* al presente
» deserte; ma si vedono sulle rive alcune rovine di case
» destinate a passarvi il verno; le quali sono spesso ri-
» coperte dai flutti. A mezzo miglio all' ovest dal villaggio
» di *Fisckenass* (lat. 63° 4 N.) i fratelli Moravi fonda-
» rono nel 1758 uno stabilimento chiamato *Lichtenfeld.*

(1) Pingel, *Proceeding of the geological Society of London*, t. II, 1835, p. 208 (citato da Meunier nell' opera *Les causes actuelles en Géologie*, 1879, p. 33).
(2) *Opera citata*, p. 77.

» Trenta o quarant'anni dopo, essi furono costretti a por-
» tare addietro una volta e forse due le cale ov' essi riti-
» ravano i loro larghi batelli, chiamati *Umiak, barche*
» *delle donne;* le loro antiche cale rimangono come taciti
» testimoni del fatto, ma sono coperte dalle acque. Al
» nord-est della colonia madre, *Godthaab* (lat. 64° 10 N.),
» v' ha un punto chiamato *Vildmansnaas* da S. Egede, il
» venerabile apostolo de' Groenlandesi. A suoi giorni, 1721-
» 1736, esso era abitato da molte famiglie groenlandesi,
» le abitazioni delle quali sono ora desolate ed in rovina
» e ricoperte dalle acque nelle alte maree. Il dott. Pingel
» assicura, che niun originario Groenlandese costruisce
» la sua casa presso al lido. L' autore istesso ha visitato
» que' luoghi ed assicura, sull' assertiva di un abitante
» del paese degno di fede, che a *Naparsok*, a 10 miglia dan-
» nesi (45 miglia inglesi) al nord di *Ny-Sukkertop* (lati-
» tudine 65° 20 N.), si vedono in tempo de!lla bassa
» marea le rovine di un' antica casa Groenlandese da in-
» verno. Il dottor Pingel ha notizia di alcuni esempi
» di avvallamento in luoghi più settentrionali; ed egli è
» d' avviso che ciò si estenda almeno fino a *Disco Bay*,
» o quasi in sino al grado 69 di latitudine nord (¹) ».

Terra sommersa di Buss. — Uno degli esempi più notevoli di avvallamento avvenuto in tempi storici si avrebbe, secondo Lortet, a levante della Groenlandia, a 57° 30′ di latitudine settentrionale e 29° 50′ di longitudine occidentale.

Trauty, scrive nella sua storia della Groenlandia che Nicolò e Antonio Zeno, trascinati dalla bufera colla nave loro, scoprirono nel 1380 fra l' *Islanda* e la Groenlandia, a 58° di latitudine, una grande isola popolata di cristiani, la quale contava cento città e villaggi e chia-

(¹) *Phil. Mag. and. Jour. of Sc.*, n. 45, p. 73.

mavasi *Ouest Friesland.* Frobisher, durante il suo terzo viaggio, avrebbe appoggiato ad una terra situata alla stessa latitudine e i cui abitanti erano in tutti simili ai Groenlandesi. Nelle antiche carte di quei paraggi è segnalato sotto il nome di *Terra di Buss* o di *Terra sommersa di Buss* un pericoloso frangente situato a 57° 30′ di latitudine settentrionale e 29° 50′ di longitudine occidentale.

La medesima posizione è attribuita ad un isolotto in una buona mappa di Fleurieu, pubblicata a Parigi nel 1777, e vi figura inoltre un altro frangente molto più a levante (a 59° 30′ di latitudine e 16° 50′ di longitudine). Nelle Istruzioni per navigare fra l'*Islanda* e la Groenlandia, d'Ivor Bardeen si descrivono certi pericoli denominati scogli di *Gembröm*, esistenti fra le due terre anzidette a mezza strada.

Nel 1818, il capitano J. Ross ricercava diligentemente siffatti scogli, cioè l'isola di *Buss* e il frangente situato a levante di essa, ma inutilmente; egli non trovava fondo nell'un punto e nell'altro a 130 braccia e lo scandaglio non accusava bassi fondi neanche nelle vicinanze.

Similmente, il capitan Graah, nel render conto di un suo viaggio in Groenlandia, attesta che il pericolo indicato ai naviganti nelle carte inglesi anche più recenti col nome di *Terra sommersa di Buss* è affatto insussistente. È strano, egli soggiunge, che il punto in cui si suppone abbia esistito questa terra coincide precisamente colla posizione che gli antichi geografi attribuiscono alla misteriosa *Frieslandia*, la quale tuttavolta non sarebbe altro, secondo recenti studi, che le isole *Faröer.*

Molti credono intanto che la *Frieslandia* e l'isola di *Buss* fossero una cosa sola e questa terra di cui vive ancora la tradizione presso i naviganti sia poco a poco scomparsa nei flutti. Un fatto recente si cita a pro di questa con-

gettura: in certi scandagli testè eseguiti si è verificato che fra il 27° e il 32° di latitudine settentrionale e il 59° e il 60° di longitudine occidentale l'esistenza di un punto il quale è coperto di sole 748 braccia d'acqua, mentre da un lato e dall'altro le profondità sono di 1160 e di 1260 braccia; a 100 miglia all'ovest del punto indicato si trovò un fondo di 512 braccia e probabilmente moltiplicando le indagini si incontrerebbero a breve distanza acque meno profonde ([1]).

Labrador, Terra Nuova e Nuova Scozia. — Dall'aspetto di certi scogli e dai ciottoli marini che trovansi in vari punti del *Labrador*, si è dedotto che ivi il suolo si fosse recentemente innalzato ad un livello più alto del primitivo; ma amessa pure questa congettura, nulla si sa del presente.

A *Terra Nuova* si riscontra, secondo Hahn, una piccola area di sollevamento che si accusa nella forma delle penisole e dei promontori ed anche mediante osservazioni dirette. In vari punti della costa (*Greenspond Harbour*, l'isola *Pilchard, Twillingate Harbour*), scrive Moreton ([2]), la profondità è diminuita durante i tempi storici. A *Twillingate Harbour*, certi scogli dapprima costantemente sommersi vedonsi ora allo scoperto.

Secondo il dott. Stevens, le coste della *N. Brunswich* e quelle dell'isola del *Principe Edoardo* si sollevano. Un movimento in senso inverso si manifesta nella baia di *Fundy*.

A *Fort Laurence*, nella *Nuova Scozia*, Dawson trovò alberi sommersi di specie che sogliono vivere in terreni piuttosto elevati ed asciutti e dalla posizione loro argomentò che il suolo primitivo si fosse adimato di circa m. 12.

Nella baia di *Fundy* le rive si degradano rapidamente

([1]) Meunier, *Les causes actuelles en Géologie*, Paris, 1879, p. 30.
([2]) Hahn, *Opera cit.*, p. 115.

non solo in virtù della depressione, ma anche per l' azione della marea, che produce un dislivello di 18 m.

Canadà. — Dalla foce imbutiforme del *S. Lorenzo*, Hahn desume che ivi regni l' avvallamento. Osservazioni eseguite da Richardson nell'isola *Anticosti* lo condussero alla medesima conclusione.

Sulle rive occidentali dell' Atlantico, si osservano in molti punti depositi quaternari sollevati, testimoni di una maggiore estensione del mare. Bayfield ne verificò l'esistenza nel golfo di *S. Lorenzo*, fra 10 e 100 metri al di sopra del livello dell' Oceano; a *Montreal* si tratta di una sorta di *drift* contenente la *Mya truncata.*

Coste orientali degli Stati Uniti. — Procedendo lungo questo litorale, abbiamo primamente a segnalare certi depositi marini superficiali con *Venus mercenaria* (specie ancora vivente), i quali si trovano nei pressi di *Nuova York* e più a mezzogiorno, in vari punti, massime alla foce del *Potomac.* La posizione di siffatti depositi indica un bradisismo ascendente, ma un bradisismo antico. Osservazioni relative all' attualità fanno fede di un movimento in senso contrario che succedette al primo.

All'estremità settentrionale della penisola di *Barnstable,* si trovarono in mare, lungi dalla costa, tronchi di cedro certamente strappati al fondo. Lyell osservò a *Hampton* e a *Rye,* lungo la costa del *New Hampshire,* simili avanzi sulla riva e nel mare stesso.

Ad *Hempstead*, *Babylon* ed *Islip,* nella *Long Island* e in altri punti dello stato di *New York,* si verificarono a memoria d'uomo notevoli cambiamenti nella forma del litorale, i quali concorrono a dimostrare l' avanzamento del mare. Se si prestasse fede alla tradizione , si dovrebbe credere recentissimo lo stretto di *Hellgate*, che serve d' ingresso al porto di *Nuova York* e il canale che separa dal continente l' isola *Manhattan.*

La profondità del piccolo fiume di *Raritan* è negli ultimi tempi assai cresciuta.

Fra *Maurice River* e *West Creek* (nella contea di *Cumberland*), un proprietario perdette, fra il 1807 e il 1857, 1000 acri di terreno boschivo asportati dal mare.

Nella penisola di *New Jersey*, la depressione apparisce sensibilissima anche nei brevi termini dei tempi storici. A *Salem, Elsinbor, Alloways Creek, Cumberland City, Maurice River, Dorchester,* nei pressi di *Raritan,* e in altri punti si trovano tronchi d'albero sepolti più o meno profondamente, talvolta anche in sedimenti sottomarini. La profondità cui giacciono tali tronchi raggiunge fin m. 5,40 e in uno di essi contaronsi ben 1080 anelli d'accrescimento che corrispondono, come ognun sa, ad altrettanti anni di vita.

Certe chiuse collocate ad *Oldmans Creek* nel 1707, sono ora coperte da 1 m. d'acqua. A *Ceder Creek,* la marea saliva, normalmente, nel 1857 a m. 0, 25 più alta che nel 1832, e a *Port Elisabeth* a m. 0, 30. Da queste e da altre osservazioni, Cook desume la quota di m. 0, 60 per secolo qual misura dell'avvallamento.

Dalle misure eseguite recentemente pel servizio del catasto, nella baia di *Delaware,* risulta che i suoi litorali perdono in media m. 2, 50 all'anno. Secondo Meunier, il *Capo May,* nella baia di *Delaware,* retrocede di m. 2,70 all'anno. Da questi documenti, come pure da altre osservazioni, si inferisce che il movimento di questa parte del lido americano si possa ragguagliare (almeno dai primordi della colonia in poi) a 60 centimetri per secolo [1]. Nella stessa baia, *Egg Island,* che figura in una carta del 1674 come avente un'area di 300 acri, era ridotta nel 1857

[1] Cook, *Geological Survey* — Guyol, *American Journal*, 1861 (citaz. Reclus).

a $^3/_4$ d'acre e all'alta marea le onde tutta la soverchiavano [1].

Il geologo Emmons segnalò foreste avvallate nello stretto di *Abermarle* (*Carolina* settentrionale). Il mare si avanza rapidamente fra i capi *Lookout* e *Henry*.

Il laberinto d'isole e d'isolotti che si trova d'innanzi alle coste delle contee di *Camden*, *Glynn* e *Chatam* è considerato da Hahn come un residuo di terre assai più estese, formate dalla deltazione dei fiumi *Santilla, Alatamaha* e *Savannah*, terre che per l'incessante progredire del mare andarono in gran parte sommerse. Le medesime apparenze, dovute probabilmente alle stesse cause, si osservano in complesso lungo tutto il lido della *Carolina* meridionale.

Bartram manifestava l'opinione, fin dal secolo scorso, nella relazione d'un suo viaggio, che le paludi salse situate lungo il litorale della *Georgia*, fossero state terre emerse coperte di boschi, ciò perchè il fondo loro ricetta piante sepolte.

A *Beauly, in Georgia,* come pure a *Cooper Creek,* nella *Carolina* meridionale, *Lyell* osservò alberi già sepolti nella mota, i quali dalle onde erano stati svelti e rigettati sulla spiaggia. Tali alberi (cipressi, cedri ecc.) giacevano ordinariamente tra m. 1, 8 e 4, 5 sotto la bassa marea.

Coste meridionali degli Stati Uniti; Messico. — Secondo le osservazioni di Tuomey e di Agassiz, la *Florida* sarebbe una recente formazione madreporica emersa ed avrebbe quindi subito un movimento ascendente. Non pare che vi si eserciti oggidì alcun movimento bradisismico; se così è, interposta questa penisola fra l'area ascendente delle Antille e quella d'avvallamento della costa orientale degli Stati Uniti, si troverebbe in una zona neutra. Si vuole,

(1) Hahn, *Opera cit.*, p. 113.

peraltro, che l'isola *Anastase*, lungo le coste della *Florida*, si innalzi palesemente.

Bollaert fece conoscere parecchi fatti che attestano il progressivo sollevamento del *Texas*. Certe porzioni prominenti del litorale furono già banchi di sabbia e catene d'isole, prima di presentare la condizione attuale; così, la lingua di terra che limita la baia di *Matagorda* è indicata come isola nelle antiche carte spagnuole.

La baia di *Lavacca* accoglieva (1) nel 1845 le navi di m. 2, 5 di pescagione; nel 1864 non potevano penetrarvi che quelle la cui immersione è inferiore a m. 1, 5. Il porto d'*Indianola* fu poco a poco disertato per la scemata profondità; di che, peraltro, Peschel accagiona in gran parte le alluvioni dei fiumi.

Nelle provincie settentrionali del Messico, la topografia della regione litorale accenna allo estendersi colà della zona di sollevamento che regna nel *Rio Grande*. A *Tampico*, vedonsi spiaggie di fresco emerse. Il lido dell'*Yucatan* va rapidamente accrescendosi a spese del mare (Schott).

Bermude. — La depressione delle *Bermude*, ammessa con dubbio da Darwin, è ora ben accertata. Per Dana, questo fenomeno si verifica nelle isole precitate e si estende alle *Bahama*, a *Cuba* e nella *Florida* (2).

Nella sua interessante relazione del celebrato viaggio scientifico del *Challenger* (3), Wyville Thomson dimostra che le isole *Bermude* subirono una recente depressione che probabilmente si continua tuttora. Lungo i litorali di queste isole, osserva l'autore precitato, gli scogli coperti dal mare durante l'alta marea, non sono formati

(1) Tra il 1845 e il 1865 le spiaggie di questa baia si sarebbero innalzate di 30 a 60 centimetri (Reclus).

(2) *Corals and coral islands*, p. 218.

(3) *The voyage of the Challenger; the Atlantic*, vol. I, London 1877, p. 318.

di roccie acquee, ma consistono di formazioni aeree (*eolian roks*), vale a dire di una specie di sabbia, costituita da detriti di polipai trasportati dai venti ad una certa altezza sul livello marino, poi cementati dalle acque e convertiti in una sorta di arenaria, la quale, da un successivo fenomeno geologico, si ridusse alla sua posizione attuale. Una prova ancor più diretta dell'abbassamento si ha nell'isola *Ireland*, nel cui suolo, praticando scavi per collocarvi un nuovo *dock* si incontrò, alla profondità di circa 45 piedi sotto il livello marino, un terreno vegetale, contenente tronchi d'alberi in posizione verticale, gusci di *Helix Bermudiensis* ed ossa d'uccelli, avanzi recentissimi. Questo fatto era stato precedentemente riferito da Mathew Jones.

Hahn suppone che i due scogli denominati *The Flats* sieno l'ultimo residuo di un piccolo gruppo d'isolotti che figura nelle più antiche mappe sotto il nome di *False Bermude.*

Bahama ed Antille. — La catena delle *Bahama*, come risulta dalle osservazioni di Darwin, si adima a mezzogiorno e si innalza a settentrione.

Nelle Antille un simile sollevamento si manifesta quasi dapertutto con spiaggie emerse e depositi litorali, in cui abbondano polipai e conchiglie di specie viventi. De la Sagra raccolse una serie numerosa di questi fossili nell'isola di *Cuba;* Hotessier ne trovò a *Vieux-Fort* (*Guadalupa*) e a *Marie-Galante.* D'Orbigny segnalò la loro presenza al *Capo Haitiano* (*S. Domingo*) e a *S. Cristoforo,* ove Maclure ne trovò a ben 500 metri d'altezza sul livello del mare [1].

Darwin non dubita del sollevamento di *Cuba.* Quanto

[1] D'Orbigny, *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques*, II, Paris 1852, p. 826.

alla *Giammaica,* Lyell c' informa del movimento che avrebbe subito in conseguenza di terremoti (specialmente di quello del 1692).

Ad *Haiti* il sollevamento si accusa con evidenza, e per citarne una prova, dirò come lo stretto che metteva in diretta comunicazione il golfo *de las Flachas* e la contigua *Schottischen Bay,* è divenuto impraticabile alle navi nel corso del corrente secolo, stante la diminuita profondità.

La *Guadalupa* certamente si solleva in parte del suo perimetro. Schomburgk segnalò in vari punti della costa caverne litorali scavate dal lento lavorio dei flutti, le quali si trovano sollevate, quali a m. 4, 5, quali perfino a m. 18, 3, sull' attuale livello marino; in certi punti vedonsi pure scogliere emerse che accennano al medesimo fenomeno. Si vuole, tuttavia, che altrove l' isola presenti segni di depressione, ma questi forse debbonsi attribuire a movimenti istantanei (1). Nel porto di *Point-a-Pitre* si osserva un banco di corallo coperto a bassa marea da 1 m. d' acqua, il quale poco più d' un secolo addietro (nel 1760) era un' isola e come tale figura nelle antiche carte.

Dell' isola *Trinitad,* si dice che porti traccie di innalzamento e di depressione (Reclus).

VI. America Meridionale.

L' America meridionale è terra classica in ordine ai terremoti quanto ai bradisismi e qui specialmente sono manifeste intime relazioni fra tali fenomeni e il vulcanismo. Sui movimenti lenti di cui questa regione fu teatro e che tuttora si esercitano scrissero in prima Pöppig (1826-1829) e Darwin (1832). Di poi se ne occuparono altri naturalisti e viaggiatori, tra i quali Tschudi, Bur-

(1) Hahn, *Opera cit.,* p. 102.

meister, Philippi, Pissis, Domeyko, Agassiz, Coutinho e de Capanema. Non essendo possibile, per ragione di spazio, di descrivere i numerosi fatti messi in luce dai succitati autori, basterà ch' io ricordi succintamente alcuni dei più importanti.

Colombia; Equatore.— Gli Stati Uniti di Colombia presentano una zona litorale di terre basse che accennano ad un movimento ascendente da breve tempo subito. In alcuni dei loro capi (come per esempio al capo *Corrientes*) si danno i caratteri dei promontori di sollevamento; i fiumi, come il *Rio Acon* e quello di *S. Juan*, sono generalmente provvisti di delta.

Si crede che a *Colon* in Colombia e a *Panama*, il suolo sia animato da un movimento ascendente; ma non ho saputo procurarmi in proposito alcun ragguaglio sicuro e particolareggiato.

La conformazione della costa nel golfo di *Guayaquil* indica il progredire del mare a scapito della terra emersa.

Perù. — Fra *Callao* e il confine dell' Equatore, il sollevamento sembra essere dominante. Reclus cita *Payta* nel Perù settentrionale e *Esmeraldas* nell' Equatore come terreni sollevati.

Nell' isola di *S. Lorenzo*, Darwin trovava resti di conchiglie recenti all' altezza di 26 m., insieme a fili di cotone e a residui di altri manufatti, dai quali apparisce che il movimento d' emersione ebbe luogo dopo la venuta nel paese della razza americana. Non si può dubitare, intanto, di una depressione posteriore al sollevamento, subita dallo stesso territorio, perciocchè a *Lurin*, al sud di *Callao*, si vedono certe isole, le quali, allorchè gli Spagnuoli conquistarono il Perù, erano congiunte alla terraferma [1]. A *Callao* stessa appariscono prove di avvallamento nella

[1] Tschudi, *Perù*, *Reiseskizzen* (citaz. di Reclus).

posizione occupata dai ruderi della città antica e nel confronto fra le mappe topografiche delle varie epoche. Da molti si ritiene però che questo fatto non dipenda dai bradisismi, ma ben piuttosto dai terremoti tanto comuni e violenti nel paese. È certo, ad ogni modo, che il gran terremoto del 1746 fu accompagnato da un movimento discendente di tutto quel territorio.

D' innanzi ad *Arica* (Perù), il mare si è ritirato in un secolo e mezzo di ben 150 m. (Reclus).

Estesi tratti di litorale, specialmente presso *Iquique* (Perù) e *Cobija* (Bolivia), offrono terrazzi e depositi di conchiglie marine all' asciutto.

Bolivia e Chili. — Al nord di *Caldera*, Philippi segnalò banchi conchigliferi emersi in vari punti della costa, per esempio a *Miguel Diaz*, e in tutto il deserto d' *Atacama* incontrò antichi terrazzi, lagune salse e traccie d' erosioni, testimonianze di un antico soggiorno del mare. Presso la città di *Caldera*, Burmeister trovò un antico fondo marino emerso a ben 20 chilometri dalla costa e a m. 63 d' altitudine. Le conchiglie osservate in questa località sono di specie viventi.

In vicinanza di *Coquimbo*, si raccolsero conchiglie marine recenti, all' altezza di 70 a 80 metri. Nel territorio di questa città si distinguono 4 scaglioni o terrazzi, che furono descritti da Domeiko e Darwin, il più alto dei quali si trova a m. 57, 6 sul mare. La città giace sul secondo. Sembra che i gradini superiori risalgano all' epoca terziaria (Hahn). Altri terrazzi, ben distinti, in numero di 6, s' incontrano al nord di *Coquimbo*, a *Huasco*.

Darwin incontrò presso la *Hacienda* di *Quintero* al nord di *Valparaiso* un deposito contenente conchiglie marine a quasi 400 m. d' altitudine, ma esso spetta verosimilmente a tempi più remoti di quelli contemplati nel mio studio.

Darwin riferisce che tra, il 1817 e il 1834, il suolo di *Valparaiso* si innalzò di m. 3, 20, ossia di m. 0, 19 all'anno. Questo movimento era stato preceduto, tuttavolta, da una fase di sollevamento più lento, giacchè tra il 1614 e il 1817 la costa non avrebbe guadagnato sul mare che un'altezza di m. 1, 80. Presso *Valparaiso*, un' antica linea litorale raggiunge m. 4, 30 d'altitudine. Nel 1842, Weyman osservò, nel medesimo territorio, due strade tracciate sopra un terreno da poco abbandonato dal mare.

Peschel e Reclus notano, inoltre, come alcuni punti della terraferma sieno colà designati coll' appellativo di *Hapui* (isola, nell'antico idioma locale), prova anche questa di profondi mutamenti avvenuti nella configurazione del paese.

Pissis osservò, fra la foce del *Rio Maule* e *Conception,* fori di litodomi fino a 10 m. sul livello marino e nella stessa regione s'imbattè anche in banchi di conchiglie recenti, emersi; ma non è escluso il dubbio che la mano dell' uomo abbia avuto parte in tali accumulazioni.

Darwin studiò gli effetti di un repentino sollevamento di 3 m., avvenuto all'isola di *S.a Maria* e di m. 0, 50 a 0, 75 nei dintorni di *Conception* ed acquistò la persuasione che le conchiglie poco lunge sollevate a quasi 300 m., furono portate a quest'altezza da simili fenomeni collegati con movimenti secolari tuttora attivi. Domeiko considerava le catene di dune ondulate che si trovano al confine tra le provincie di *Conception* e di *Auraco*, come dipendenti esse pure dal bradisismo. Nell'interno del paese, lo stesso investigatore riscontrò le traccie di antichi terrazzi (probabilmente terziari) fino alla distanza di 40 chilometri dal mare; gli scaglioni sono situati rispettivamente a 207, 220 e 270 m. d'altitudine.

All'isola *Conception,* si osservano traccie dell'azione erosiva del mare a 210 metri sul suo attuale livello (1).

(1) Fuchs, *Vulcani e terremoti*, Milano, 1881, p. 182.

I fiumi *Imperial* e *Biobio*, stante la diminuzione del fondo alle loro foci, non sono più praticabili alle navi come altra volta.

Pöppig raccolse intorno ai bradisismi del Chilì meridionale pregevoli indicazioni ([1]). Nel golfo di *Talcahuano* e ne' suoi dintorni egli trovò porti insabbiati e parti del continente che già furono circondate dal mare. *Talcahuano* è situata sopra una lingua di terra, la quale anche dopo l' occupazione spagnuola era un' isola. Ben presto, secondo Pöppig, anche *Quiriquina,* nel golfo succitato, sarà connessa alla terraferma.

Nelle vicinanze di *Valdivia,* si indicava nel 1820 un bassofondo con m. 0, 6 d' acqua, laddove 60 o 70 anni innanzi, ancoravano vascelli di linea (Weyman).

Darwin osservava nell' isola di *Chiloe*, all' altezza di 110 metri, un grosso strato di conchiglie marine (sul quale crescevano grossi alberi) e riteneva che fosse depositato dal mare; ma posteriormente Fonck ([2]) riconosceva in questo strato un' accumulazione artificiale paragonabile ad un *kjökken-mödding.*

Lungo le coste di alcune isole dell' arcipelago di *Chiloe* come pure presso la riva orientale del golfo di *Reloncavi,* furono segnalati avanzi di foreste sommerse, dei cui alberi si conservano ancora legno e radici ([3]). Le isole di *Chiloe* hanno subito da poco tempo una depressione non lieve e, secondo ogni verosimiglianza, furono distaccate dalla terraferma appunto da questo movimento.

Movimenti nell' interno del continente. — Gli abitanti di *Popayan* in Colombia osservano che il limite inferiore delle nevi sul vulcano *Puracé* s' innalza gradatamente. Quando Bouguer, Godin e La Condamine dimorarono a *Quito,*

([1]) *Reisen in Chili, Perù und auf dem Amazonenstrom*, Bd. I, Leipzig 1835.

([2]) *Geographische Mittheil.* 1866, p. 467.

([3]) Pissis, *Comptes Rendus des séances de l'Acad. des Sciences*, 29 Juin 1868.

nel secolo scorso, per attendere alle operazioni geodetiche iniziate allo scopo di determinare la figura della terra, la neve oppose gravi difficoltà all' attuazione dei loro lavori. Orbene, il picco si trova ormai da molti anni affatto libero di neve. Questo fatto può dipendere tanto da modificazioni nelle condizioni meteorologiche del paese quanto da un abbassamento della montagna [1]. Ma la prima ipotesi è esclusa dal fatto che la temperatura media della località non ha subito sensibili mutamenti (come risulta dalle osservazioni di Boussingault e da quelle di Caldas anteriori di 30 anni). D' altra parte, tutte le altitudini ottenute da Boussingault sulla catena delle *Ande* sono minori di quelle dei medesimi punti rilevate 30 anni innanzi da Caldas e Humboldt; e questa differenza verificandosi così costantemente, sembra non poter essere attribuita ad errori di osservazione. Le misure eseguite dal 1740 in poi, per determinare l' altitudine di *Quito,* diedero cifre sempre minori della primitiva. Nel 1740, La Condamine ottenne 9596 piedi; dopo 63 anni, Humboldt trovò 9570 piedi; nel 1867 l' altitudine di quel punto era ridotta, secondo Orton, a 9520 piedi [2].

Istmo di Panama. — L' isola *Manzanillo* presenta resti di animali marini, particolarmente coralli, di specie viventi, sollevati fuori del loro elemento nativo. Simili avanzi (conchiglie, denti di pesce) allo stato fossile, trovansi parimente a *Monckey Hill* sulla ferrovia di *Panama.*

Guiane e Brasile. — Il dottor Voltz incontrò in parecchi punti della *Guiana olandese,* banchi di conchiglie marine, in gran parte recenti, lontani dal mare e perfino a 10 ore dalla costa. L' indietreggiare del lido al nord-est di *Paramaribo* sarebbe però indizio, secondo lo stesso osservatore,

(1) D' Orbigny crede probabile che l' altitudine di tutta quella regione sia scemata (*Cours élément. de paléont. et géol.* II, Paris 1852, p. 833).

(2) Kaltbrunner, *Aide-memoire du voyageur,* Zürich 1881.

di movimento discendente. Lungo il litorale della *Guiana* inglese, è invece la terra emersa che rapidamente si avanza; ma questo fatto dipende probabilmente dalle copiose alluvioni di parecchi corsi d'acqua.

Martins avrebbe osservato, secondo A. D'Orbigny, depositi quaternari marini sollevati lungo il litorale di *Bahia* (Brasile); ma nel medesimo territorio si accenna pure da qualche autore a indizi di abbassamento, che sarebbero senza dubbio posteriori.

Il bradisismo discendente si fa ben manifesto alla foce delle *Amazzoni*, ove il movimento è senza dubbio assai rapido e si esercita sopra vasta estensione. Nella recente esplorazione compiuta da Agassiz ed altri naturalisti in questa regione, essi ebbero a verificare che ad onta della immensa copia di torbe trasportate dal fiume, mancano alla sua foce depositi odierni; le rive della grande fiumana e le isole che ristringono la sua foce risultano di una formazione d'acqua dolce, a strati orizzontali, di data relativamente antica che porta profondi segni di erosione. La medesima si trova nelle valli dell'*Itapicurù* e del *Paranahyba* e dimostra che questi due corsi d'acqua, ora indipendenti, erano in passato tributari delle *Amazzoni*. Similmente, il *Tocantins*, il quale ancora indirettamente si connette a questa grande arteria, per la progressiva erosione della costa, metterà direttamente in mare in un avvenire non lontano.

Nel *Maranhao* e nel *Piauhy*, a *Macapa*, sulle coste dell'isola di *Marajo*, il lido retrocede costantemente. In quest'isola un nuovo golfo si è scavato presso *Soure* a spese di una foresta. A *Bragança*, una baia che s'internava per 2 chilom., penetra nelle terre per più di 7. Un faro, che pareva costruito al sicuro dall'impeto delle onde, fu tuttavolta abbattuto. Nello spazio di pochi mesi, un'asta da segnali confitta in un terreno asciutto era circondata dalle acque.

A *Caviana,* il mare penetrava in un fiumicello e risalendo al di la dello spartiacque raggiungeva l'altra sponda dell'isola, in guisa da formare uno stretto, il quale dopo 16 anni misurava 150 metri di larghezza (1).

Agassiz crede che questo movimento si connetta con un'antica depressione, in virtù della quale i fiumi della *Guiana* già tributari dell'*Orenoco,* sarebbero divenuti indipendenti. Dalla sommersione parziale di un antica terra che univa le due parti del nuovo continente sarebbe risultato, secondo lo stesso naturalista, l'arcipelago delle Antille.

De Capanema rinvenne la prova di un movimento ascendente della costa meridionale del Brasile nella posizione dei *sambaquis,* cumuli di conchiglie e d'altri residui di pasti, abbandonati dagli antichi abitanti del paese, lungo la riva del mare. Tali cumuli s'incontrarono in alcuni punti, per esempio a *Laguna* (27° di lat. merid.), non più nella posizione loro originaria, cioè contigui al lido, ma ad una certa distanza da esso e in luoghi coperti di boschi. Il medesimo osservatore vide poco lungi gusci d'ostriche aderenti ad uno scoglio granitico, a più di 2 metri sopra le alte acque.

Lungo quella costiera, abbondano lagune (per lo più comunicanti coll'Oceano mediante stretti canali), alla cui formazione non è certo estraneo il fenomeno di cui si tratta.

De Capanema è d'avviso che il sollevamento si estenda fino ai pressi di *Recife*, ad 8° a S. di *Pernambuco* e il dottor Wiener fa ascendere a circa mezzo metro per secolo la sua misura (2).

Hahn (3) ravvisa i caratteri dei territori in via di de-

(1) Da Silva Coutinho, *Bulletin de la Société de Geographie,* 1867.

(2) *Das Ausland,* 1876, N. 45.

(3) *Opera cit.*, p. 94.

pressione nella penisola di *S. José* (a 43° di lat. merid. e 64° di long. occid. del merid. di Greenwich).

Argentinia, Patagonia e Terra del Fuoco. — Nel suo rilievo del sistema idrografico del *Plata*, compiuto negli anni 1853 e 1854, Page non ritrovava più un'isola veduta nel 1847 da Sullivan. Pel riflesso che la foce del gran fiume argentino è assolutamente destituita di delta, Hahn reputa questa regione soggetta al dominio dell' avvallamento. Ma non saprei menar buona siffatta conclusione senza ulteriore conferma.

Darwin osservò, lungo l'intera zona compresa fra il *Rio della Plata* e la *Patagonia*, terrazzi litorali assai regolari che raggiungono fin 290 m. d'altitudine; il numero loro, che attesta altrettante fasi di rallentamento o di riposo nel fenomeno da cui ebbero origine, è in certi punti di 8; l'altezza di ciascun gradino rimane costante, anche per tratti assai estesi. Conchiglie marine recenti furono incontrate fino a 122 m. La vista di simili terrazzi, lungo il *Rio di S.a Cruz*, suggerì a Darwin il pensiero che la valle di quel fiume fosse occupata altra volta da un braccio di mare, per mezzo del quale i due oceani Pacifico ed Atlantico dovevano comunicare collo stretto di *Magellano*.

A settentrione del *Colorado*, lo stesso osservatore trovò per lungo tratto una zona litorale di dune, che dipende verosimilmente dalla stessa causa; a *Baia Blanca* e a *Punta Alta*, nei pressi di *Buenosayres*, come in parecchie altre località s'incontrano depositi litorali marini contenenti conchiglie fossili identiche alle specie viventi nel vicino mare e ossa di mammiferi di specie estinte (gravigradi, sdentati ecc.) riferibili all'epoca quaternaria. Nella detta baia i residui abbandonati dal mare, cioè ciottoli e conchiglie, si trovano anche ad una certa distanza dalle rive.

Secondo Darwin, la regione compresa fra il *Rio Negro*

e lo stretto di *Magellano* ha subito un' innalzamento generale, di cui sarebbero indizi, cospicui giacimenti di sale, laghi e stagni salmastri (presso *Patagones*), simili a quelli della Siberia.

Il tenente G. Bove e i professori D. Lovisato e D. Vinciguerra incontrarono ovunque segni di emersione recente lungo i litorali da loro visitati nel 1881.

Sulla sponda destra del *Rio di Santa Cruz,* sappiamo da Lovisato che i banchi quaternari marini salgono a più di 100 m. d'altitudine e alla confluenza del *Rio Chico* fino a 135 m., mentre la distanza dalla barra è di 40 chilom. Nell' isola dei *Leoni*, le conchiglie marine giacciono a 6 o 7 m. sul pelo del fiume (1).

Gli antichi viaggiatori segnalarono presso la costa occidentale della *Patagonia,* l'isola detta *Monte Corso,* la quale era divisa dal *Capo Brettone,* mercè lo stretto indicato in alcune carte col nome di *Spartan Passage.* L' isola, riunita oggi al continente, forma una baia cui l' ufficio idrografico del Chilì assegnò recentemente il nome di *Baia Bossi* (2).

La penisola *Usciouaia* nel canale del *Beagle* (*Terra del Fuoco*) risulta di due isolotti saldati da pochi anni alla terra maggiore (Bove).

Nell' isola degli *Stati,* parecchi seni e porti furono convertiti in lagune per l'emergere di banchi ciottolosi e sabbiosi; una di tali lagune in formazione si trova fra i monti *Roma* e *Trieste* (Lovisato).

Nelle isole *Falkland* si trovano ossa di cetaceo, rigettati dalle onde ben lungi dal lido attuale; nell' isola *Keppel* ne furono raccolti ad un miglio dal mare (Bove). Il protrarsi della terra emersa si continua anche al presente e non sfugge all' attenzione degli abitanti.

(1) *Pubblic. del comit. centr. della sped. antart. ital.*, II, Genova, 1883, p. 20.
(2) Kaltbrunner, *Aide-mémoire du voyageur*, Zürich 1881, p. 398.

PARTE QUARTA

CONSIDERAZIONI TEORICHE

Compiuta la lunga ed arida enumerazione delle osservazioni relative ai lenti movimenti del suolo, nelle singole regioni del globo, mi studierò di aggruppare sinteticamente e per sommi capi le nozioni raccolte, affine di dedurne opportune considerazioni generali. Passerò poi ad esaminare sommariamente le cause probabili cui si sogliono attribuire i bradisismi e ad investigare i rapporti che li connettono ad altri fenomeni naturali. Concluderò finalmente coll' accennare a taluna delle conseguenze loro, d'ordine geografico e biologico.

I. CONFRONTI E DEDUZIONI.

Carta dei bradisismi e dei vulcani. — Affine di rendermi conto in modo complessivo della distribuzione geografica dei bradisismi, nonchè dei rapporti che per avventura si trovassero fra le aree di sollevamento e d'abbassamento, da una parte, la configurazione dei continenti, la costituzione geologica del suolo, il vulcanismo dall'altra, mi studiai di esprimere graficamente sopra un planisfero i fatti precipui concernenti le oscillazioni lente del suolo.

Su questo planisfero notai con macchie brune le regioni che si sollevano, con macchie azzurre quelle che si abbassano, con punti neri segnai gli spiragli vulcanici che sono attualmente in attività o che lo furono in tempi storici;

con tratteggi neri le più estese espansioni di roccie vulcaniche. Le macchie brune più prossime furono riunite con una sfumatura dello stesso colore e così le azzurre. Con crocette rosse indicai i punti in cui il movimento cui accenna la tinta generale avvenne in tempi storici. Ove esistono traccie di abbassamenti anteriori ad un sollevamento recente, accennai il fatto col segno V in rosso; ove si verifica il fenomeno inverso ho fatto uso del segno Λ parimente in rosso. La sovrapposizione dei due segni ↕ indica oscillazioni nei due sensi succedutesi a brevi intervalli.

Per segnare i vulcani, mi sono servito principalmente dell'atlante di Johnston, della cartina di Poulett-Scrope, contenuta nell'opera intitolata *Les Volcans* (Paris 1864), della cartina delle formazioni madreporiche di Darwin e dell'elenco compreso nel libro precitato di Fuchs. Ho aggiunto anche vulcani attivi non registrati da altri, che mi furono segnalati da testimoni oculari; cioè uno presso *Amfila* (nel *Samhar*) a 20 leghe nell'interno ed uno a *Edd* (sulla fede di Werner Munzinger). Rispetto alle formazioni vulcaniche, ho fatto uso della carta geologica del globo di Marcou (2.ª edizione) e delle mappe speciali che ho potuto avere sotto gli occhi.

Nel disegnare la mia carta, mi sono giovato principalmente di quella delle formazioni madreporiche di Carlo Darwin e di gran parte dei documenti registrati nella presente memoria. Dico di gran parte, perchè essa fu disegnata ed incisa prima che questi documenti fossero tutti raccolti e ordinati. La piccola scala adottata mi obbligò a trascurare certe indicazioni locali che sarebbero riuscite poco visibili.

Il pensiero di una mappa bradisismica non è nuovo [1];

[1] Nella prima edizione delle mie *Istruzioni scientifiche pei viaggiatori* (Roma 1874) raccomandai l'esecuzione di simili carte.

esso fu già attuato da Reclus, poi da Toula, Kaltbrunner e Andree, ma in proporzioni minori, con documenti meno copiosi e con metodo diverso.

A titolo di confronto, per quanto ha tratto alle relazioni che possono esistere tra le aree bradisismiche e la costituzione geologica del suolo, mi sono servito della carta precitata di Marcou che riassume quanto si conosceva fino al 1875 relativamente alla distribuzione delle formazioni superficiali.

Nella mia carta si osservano vasti tratti di coste affatto mancanti di qualsiasi indicazione. Tali lacune non dipendono verosimilmente da che ivi non si verificano bradisismi, ma dalla insufficenza delle nostre cognizioni in proposito. D'altra parte, anche la mappa di Marcou ci presenta vasti spazi bianchi, ossia estese terre incognite dal punto di vista geologico. Sarebbe stato più cauto da parte mia l'aspettare che fossero colmate siffatte lacune per dedurre le mie conclusioni. Ma chi sa quanto avrei dovuto indugiare e se l'aspettativa non sarebbe riuscita vana! Inoltre, a me pare che giova il riandare, di tanto in tanto, sul cammino percorso, anche prima d'aver raggiunto la meta, l'anticipare sulle conclusioni finali, il discutere sui risultati conseguiti, affine di ricercare un indirizzo migliore per l'avvenire. Io spero adunque che la mia audacia parrà giustificata e sarà accolta con indulgenza.

Distribuzione delle aree di sollevamento e d' avvallamento. — Quasi tutto il continente antico è compreso in una grande area di sollevamento, nella quale si distinguono, per l'intensità del fenomeno, la Scandinavia e le coste della Siberia. Ad occidente, quest'area è interrotta da una zona di depressione che abbraccia in parte Germania, Paesi Bassi, Francia e Inghilterra, attraversa, a quanto pare, l'Europa da nord-ovest a sud-est, raggiunge la penisola italica e poscia si estende pel Mediterraneo fino alla Barberia, all'E-

gitto e alla Siria; quindi risale buon tratto ancora nella valle del *Nilo*. Entro questa zona, tanto in Inghilterra quanto in Francia e in Italia, si danno territori che non partecipano al movimento generale ed anzi si sollevano.

Non mi dissimulo che la grande macchia bruna che copre nella mia carta gran parte dell'Asia settentrionale e orientale e i mari che la lambiscono, fu tracciata colla scorta di notizie molto insufficienti.

Nelle adiacenze dell' Antico Continente, la depressione regna in gran parte dell'Oceano Indiano fra l'equatore e il tropico del Capricorno, e comprende gli arcipelaghi madreporici delle *Lacchedive,* delle *Maldive,* le isole *Chagos* e *Keeling*, continuandosi forse pel settentrione di *Seilan* nell' avvallamento segnalato alle *Andaman,* alle *Nicobare* e in altri punti del golfo del Bengala. Le terre essendo rade e poco estese nella regione di cui si tratta, la macchia azzurra che sta ad indicare nella carta tale area di depressione è mal delimitata, massime a mezzogiorno e a levante.

Verso sud-ovest, Madagascar e quasi tutta la costa affricana che le sta di prospetto, non solo non obbediscono al movimento suaccennato, ma anzi progressivamente si levano sulle acque. Anche nelle *Seychelles* regna il sollevamento, indicato mercè una macchietta bruna.

A sud-est dell' Asia, un altro campo di abbassamento si riscontra nel mar della Cina, e si estende da una parte fino al *Jang-tse-kiang* mentre si accosta, dall' altra, alle rive di *Borneo* e delle *Filippine.*

L'Affrica settentrionale e orientale presenta indizi di un sollevamento generale; per quanto concerne la parte interna e in ispecie il *Saara*, questi sono però assai incerti e la tinta segnata sulla carta deve considerarsi come ipotetica. Si hanno poi segni di depressione a *Zanzibar, Pemba* ecc., ed anche nel bacino del *Tanganika.*

Nelle regioni australiana e polinesiana è adombrata nella carta una immensa area di abbassamento, riconosciuta lungo la costa nord-est dell'Australia, all'estremità meridionale della Papuasia, nei lidi occidentali della Nuova Zelanda e nella miriade d'isole e d'arcipelaghi che si protendono, al nord-est fino alle *Sandwich* e ad oriente fino alle *Isole Basse*, *Pitcairn* ed oltre; colà, tuttavia, le scogliere anulari e le barriere madreporiche di fresco emerse dal mare accennano ad un movimento ascendente, succeduto da breve tempo alla depressione, lungo il lembo meridionale e occidentale della medesima area ed anche in mezzo ad essa (nell'arcipelago delle *Nuove Ebridi*), il che si è tentato di esprimere nella carta con opportuni segni convenzionali.

Non è ancora possibile di stabilire se il piccolo centro di abbassamento osservato nelle *Peliù* o *Palao* e nelle isole circostanti, abbia o no connessione con quello testè menzionato.

Il sollevamento che si palesa nella Polinesia meridionale si estende, probabilmente senza interruzione, lungo la parte orientale della Nuova Zelanda. Vuolsi infine segnalare un'altra sfumatura bruna (sollevamento) che copre gran parte dell'Australia meridionale e della Tasmania.

Laddove è delineata la Groenlandia occidentale, figura nella mia carta una zona intensamente azzurra che con lievi sfumature raggiunge il *Labrador* e *Terranuova.* Al nord di questa zona, lungo lo stretto di *Smith,* v'ha un altro accenno di sollevamento, ancora mal determinato.

A mezzogiorno, il lido atlantico dell'America settentrionale presenta una alternanza di macchie brune e azzurre che sono sufficientemente limitate in latitudine, ma rimangono indefinite in longitudine. È probabilissimo che lo sprofondamento tanto sensibile lungo le coste degli Stati Uniti settentrionali, si protenda nel letto dell'Atlantico fino alle

Bermude, ove il fenomeno fu parimente accertato ([1]). Lungo le rive americane del Pacifico settentrionale, la carta accusa il sollevamento delle *Aleutine* e dell'*Alaska;* a mezzogiorno, succede poi nella tinta una lacuna dipendente dalla deficienza di documenti ([2]); poscia ripiglia, con lieve sfumatura bruna, nella regione californiana, un sollevamento, il quale, se l'apparenza non falla, si continua con quello più manifesto che abbraccia il golfo del Messico, l'America centrale, le grandi Antille, il Perù, la Bolivia e il Chili, arrestandosi solo presso l'arcipelago di *Chiloe,* ove gli sottentra l'avvallamento per un tratto certo esteso, ma ancora indeterminato.

Fatti precipui e considerazioni desunti dalla carta bradisismica. — Dalle notizie suesposte e dal confronto istituito fra la distribuzione geografica dei vulcani, la costituzione geologica dei continenti e l'ubicazione, sulla carta, delle principali aree bradisismiche, emergono le proposizioni seguenti:

1.° I bradisismi regionali occupano d'ordinario aree estesissime, irregolarmente distribuite, le cui forme sono ancora in gran parte indeterminate.

2.° In complesso, i sollevamenti occupano maggiore spazio delle depressioni, ma ciò dipende forse, in parte, da che queste sono più difficili a verificarsi di quelli.

3.° Nell'emisfero settentrionale, prevalgono i segni di sollevamento, nel meridionale quelli di avvallamento.

4.° Nelle grandi masse continentali sembra dominare il movimento dal basso all'alto, mentre quello in senso contrario apparisce prevalente nei grandi bacini oceanici.

5.° I bradisismi più spiccati furono segnalati lungo i litorali e negli oceani ricchi d'isole madreporiche, perchè

([1]) La tinta azzurra non è sufficientemente estesa nella carta e non raggiunge, come dovrebbe, questo piccolo arcipelago.

([2]) Secondo ogni verosimiglianza, anche in questo spazio deve essere estesa la sfumatura bruna.

colà, come si è detto, si avvertono più facilmente; ma certo non mancano anche nell' interno dei continenti, e ragion vuole che non ne vadano esenti anche i fondi marini degli oceani sprovvisti di formazioni coralligene.

6.° L' insufficienza delle osservazioni non permette ancora di stabilire se vi ha qualche rapporto tra l' orografia di una regione e i bradisismi. Certo è che le montagne vanno soggette molte volte a movimenti secolari, regionali o locali.

7.° Nelle regioni vulcaniche le oscillazioni lente del suolo si manifestano con maggiore energia.

8.° Nella prossimità immediata degli spiragli vulcanici attivi si alternano i movimenti nei due sensi a brevi intervalli; alla periferia delle catene vulcaniche si verifica, come già osservava C. Darwin, deciso e costante sollevamento. Le regioni vulcaniche nelle quali si produce avvallamento, come l' Italia meridionale, subirono in precedenza, poco innanzi, uno o più sollevamenti.

9.° Le aree o zone d' avvallamento ponno dirsi, in generale, interposte fra quelle che si sollevano e limitate da esse.

10.° Le aree o zone d' avvallamento appariscono il più delle volte circoscritte da catene vulcaniche. Così intorno alla vasta area di depressione dell'Oceano Indiano si schierano la catena delle isole della Sonda, i vulcani di *Barren* e della costa birmana, da una parte, e dall' altra sorgono i gruppi delle isole *Mascarine,* di Madagascar, delle *Comore* e dell' Africa occidenlale; mentre, al nord, i vulcani arabici ed etiopici e a mezzogiorno quelli di *Amsterdam* e *Saint Paul* tendono a completare il circolo. Così, l' immenso sprofondamento del Pacifico si trova in mezzo ad un bacino limitato dai vulcani delle *I. Samoa,* dell' arcipelago degli *Amici,* delle *Nuove Ebridi,* delle *Salomone,* delle *Marianne,* del Giappone, delle *Kurili,* del *Kamtshatka,*

delle *Aleutine* e infine dalla congerie di monti ignivomi, quali attivi, quali estinti, che fiancheggiano or con una fila, or con due o tre, le coste occidentali del Nuovo Continente [1].

11.° Fra due aree bradisismiche, nelle quali si verificano movimenti in senso contrario, v' ha una zona neutra, la quale nei casi noti (Scandinavia, isola di *Candia, Nuova Zelanda*) è ristrettissima. Perciò non è infondato il sospetto che *tutta la superficie del globo* sia più o meno animata da oscillazioni lente.

12.° Nelle zone e aree di depressione è frequente il caso di piccoli sollevamenti locali.

13.° Dal confronto della carta dei bradisismi con una carta geologica generale del globo, risulta che non sussiste alcuna connessione ben manifesta fra le formazioni superficiali della terra emersa e i movimenti lenti cui va soggetta. Si può avvertire soltanto che in parecchi territori, i quali sono ora in via di sollevamento, come per esempio lungo le coste del Perù, del Chili, della Repubblica Argentina, sul litorale della Siberia, la presenza di sedimenti quaternari marini dimostra che il movimento incominciò da antica data; da questa e da altre osservazioni si argomenta che i bradisismi si esercitano talvolta per tempi lunghissimi, per interi periodi geologici.

14.° Non apparisce alcun rapporto apprezzabile tra la distribuzione dei bradisismi regionali e la costituzione litologica dei terreni.

15.° In alcune località che presentavano un complesso di circostanze singolarmente favorevoli alle indagini di cui

(1) È degno d'attenzione il fatto che le *Isole Hawai* o *Sandwich*, che si sollevano, sorgono nel centro di questo immenso cerchio vulcanico. Reputo assai probabile che l'avvallamento si eserciti anche al nord di queste isole, ciò per l'analogia che in ordine alla distribuzione dei vulcani si manifesta tra la parte settentrionale e la meridionale del Pacifico.

si tratta, per esempio nella palude di *Dol* in ***Brettagna*** e a *Salvore* nell' *Istria*, fu possibile accertare la successione di due oscillazioni complete, vale a dire di due avvallamenti e di due sollevamenti, avvenuta tra il principio dell' era quaternaria e dell' attualità. È probabile che questo fatto sia assai più comune di quanto a tutta prima non apparisca.

16.° È assai generale, almeno in Francia, in Inghilterra, in Italia, in Dalmazia, in Grecia, in Barberia, in Egitto, il caso di un avvallamento odierno sottentrato ad un innalzamento recentissimo.

17.° Varia assai, nei bradisismi, la rapidità dei movimenti fra località non molto lontane.

18.° Varia assai, nello stesso punto, coll' andar dei tempi, la rapidità del movimento, ciò anche tra un secolo e l'altro.

19.° Si danno anche in tempi storici casi di retrocessione di movimento.

II. BRADISISMI LOCALI METEORICI.

Movimenti locali propriamente detti. — Si è già brevemente accennato a questa maniera di bradisismi, i quali distinguonsi dai regionali non solo per la minore estensione, ma ancora perchè sono subordinati a particolari condizioni fisiche e geologiche. Alcuni esempi di siffatti movimenti riesciranno opportuni per chiarire il mio concetto in proposito, ed anche per le indicazioni che se ne possono desumere in ordine alle cause dei bradisismi in genere.

A. La torba che va lentamente formandosi nelle paludi, nei bacini acquitrinosi, mercè il lento scomporsi delle piante e principalmente degli sfagni, ha la proprietà di assorbire e ritenere le acque in gran copia, ed impregnan-

dosi d'acqua aumenta di volume. Perciò, certe torbiere sono soggette a rigonfiarsi straordinariamente. Così avvenne in quella denominata *Dismal Scramp,* nella Carolina del Nord, la quale si sollevò nella sua parte media, determinando una forte pendenza nella linea ferroviaria da *Portsmouth* a *Suffolk,* che attraversa la torbiera (Reclus).

Altre torbiere, all' incontro, essendo in via di prosciugamento per mezzo di opportuni canali di scolo, si deprimono.

B. L' anidrite (solfato di calcio anidro), che costituisce in certe località ammassi voluminosi, allorchè si trova in presenza dell' acqua, si converte lentamente in gesso (solfato di calcio idrato), e nel subire questa metamorfosi aumenta di volume in modo irresistibile, sollevando o sconvolgendo le roccie sopra incombenti. Il coefficiente di dilatazione cubica del minerale, mentre passa da una condizione all'altra è di circa $^{33}/_{100}$, il coefficiente di dilatazione lineare raggiunge $^{1}/_{10}$; pertanto un masso di 1000 m. c. di anidrite occupa 1330 m. c. quando sia cangiato in gesso. Esempi di sollevamenti locali dovuti a questa causa si trovano in parecchie località, in ispecie nella parte meridionale dell' *Harz.* Presso *Ellrich* il fenomeno si manifesta alla superficie colla formazione di piccoli rilievi, alti m. 1. 30, a struttura concentrica, stipati l' uno contro l' altro (1).

Altrove, si manifesta il fenomeno inverso; essendo accluse nel sottosuolo grandi masse di roccie solubili, per esempio di salgemma o di gesso, avviene che queste sieno poco a poco disciolte od asportate dalle acque e ne consegue che i terreni sovrapposti, cui viene a mancare il primitivo sostegno, lentamente o repentinamente si sprofondano (2).

(1) Credner, *Traité de géologie,* trad. Moniez, p. 183, Paris 1879.

(2) Una parte di gesso è disciolta da 460 d' acqua; ma siccome la roccia suol essere assai fissurata, la dissoluzione procede rapidamente. Una parte di calcare è solubile in 3000 parti d' acqua quando non contenga in dissoluzione anidride

C. Altri movimenti locali hanno origine senza dubbio da un progressivo assettamento e si manifestano collo strapiombare degli edifizi. A *Venezia,* indipendentemente dall' avvallamento regionale di cui si è trattato a lungo, si verificano cedimenti parziali ove sorgono i campanili di *S. Giorgio dei Greci* e di *Santo Stefano,* entrambi pendenti. A *Pisa*, oltre alla celebre torre torta, tutti i campanili, tutte le torri che raggiungono una certa altezza deviano dalla perpendicolare e sono inclinati verso l' *Arno,* ciò perchè il terreno è tanto più molle e cedevole quanto più prossimo al fiume.

A mio giudizio, la diminuzione di volume che proviene dal calcamento o stivamento delle roccie molli e plastiche e la contrazione cagionata dal prosciugamento hanno pure una parte non lieve nei movimenti dall' alto al basso di certe località, massime nei bacini palustri o lacustri e alla foce dei grandi fiumi.

D. Un altro esempio: nella notte dal 26 al 27 Dicembre 1853, si produceva nel seno di *Guvan* nel territorio di *Corniglia* (*Cinque Terre*), in *Liguria,* una terribile frana. Sotto la chiesa di *S. Bernardo,* si distaccava ad un tratto una larga falda di monte e in pochi istanti scendeva al mare, travolgendo seco case, vigne, oliveti.

Trascorsi alcuni giorni, a breve distanza dalla spiaggia, sulla quale si erano accumulati i detriti, sorgeva poco a poco dal mare, nel seno di *Guvan,* una nuova scogliera per una lunghezza di 30 e più metri, corrispondente alla lavina. La roccia di fresco emersa era tutta coperta di piante ed animali marini ancora viventi. Or bene, abbiamo qui un

carbonica; verificandosi questo caso, occorre una proporzione minore di liquido che può essere perfino di 900 parti.

Secondo Roth, una lastra di calcare litografico di Solenhofen di 2520 millim. quad. di superficie perdette in 2 anni, per soluzione, grammi 0,180 (*Allgemeine und chemische Geologie,* I, Berlin 1879, p. 48).

caso istruttivo di sollevamento locale, la cui causa non è dubbia. Le macerie della lavina, premendo col loro peso dall'alto al basso il fondo del seno di *Guvan,* formato di materiali mobili, provocarono un movimento in senso inverso in quella parte di essi che non soggiaceva alla frana ([1]).

Ognun vede come le pressioni in senso verticale prodotte da potenti depositi, in date circostanze, ed ove la base sulla quale riposano sia cedevole, debbano tradursi in rialzamenti, in bradisismi forse anche non solo locali, ma regionali. Questa causa è infatti ritenuta da taluni come una delle più potenti tra tutte quelle dalle quali dipendono i movimenti del suolo.

E. Cade qui in acconcio un cenno del fenomeno descritto da Lyell sotto il nome di *creeps,* come quello che può pur comprendersi nel novero dei sollevamenti per reazione ([2]). Nelle miniere di carbon fossile non si asporta generalmente un intero strato di combustibile, ma si lasciano di tratto in tratto dei pilastri a sostegno del tetto. Essendo questo, qualche volta, più saldo del muro, cioè del piano che sostiene lo strato, e sopportando la pressione di potenti assise di roccia, avviene che prema alla sua volta i pilastri; talchè si affondano lentamente nella roccia sottoposta ed allora, per reazione, il suolo delle gallerie si solleva negli spazi vuoti; il terreno dapprima si gonfia, si formano piccoli anticlinali, che poi si fendono longitudinalmente, e infine i materiali sollevati raggiungono la volta delle gallerie e ne chiudono la luce.

Il fenomeno si manifesta in modo analogo anche nei

([1]) Un fenomeno analogo a quello testè accennato, ma assai più grandioso, si verificò sulla costa di *Manabi* (Equatore) e trovasi descritto nel trattato di geologia di Credner (ediz. francese), alla p. 209.

([2]) Lyell, *Éléments de géol.,* 5.me ed., I, p. 83 — Bombicci, *Corso di mineralogia,* I, p. 416.

livelli inferiori, ma è tanto meno risentito quanto il livello è più profondo. Uno strato di combustibile situato a 15 o 16 m. più in basso può essere piegato o spezzato da siffatti spostamenti. Notevole particolarità si è la estrema lentezza del movimento, talchè passano giorni e perfino anni tra i primi sintomi dei *creeps* e il loro compimento.

F. Sterry-Hunt descrisse certe masse gessose del Canadà, le quali risulterebbero dalla conversione del calcare in gesso, operata dall'azione di sorgenti ricche d'acido solforico. Queste masse, che misurano oltre 100 metri di diametro, riposano sopra stratificazioni orizzontali e sorreggono strati inclinati, e sollevati, ciò perchè il calcare passando alla condizione di gesso aumenta di volume. Gli abitanti di quel territorio osservano anche al presente, per effetto della medesima causa, sollevamenti del suolo, e in certi luoghi oscillazioni rapide che fanno tremare le mura delle loro case. Questi movimenti si ritengono colà sicuro indizio della presenza di masse di gesso nel sottosuolo.

Nella valle del *Chetif*, a 15 chilometri da *Mostaganem* (Algeria), si osserva in mezzo al piano alluviale del fiume, una collina isolata che Bourdon attribuisce alla causa sopra citata, cioè all'aumento di volume determinato dalla conversione di un ammasso di calcare in gesso (1).

Bradisismi meteorici. — Questi movimenti lenti dipendono direttamente o indirettamente dalle vicende meteoriche e quindi sono in generale di breve durata e periodici. Le condizioni igrometriche del terreno, le variazioni termiche, il moto ondoso del mare sono le cause precipue di tali bradisismi di cui porgo qui appresso alcuni esempi.

Il luogotenente D. Lasagna, della R. marina, mi riferiva testè che, eseguendo osservazioni astronomiche sulla torre di *S. Pancrazio*, a *Cagliari*, allo scopo di determinare

(1) Girard, *des soulevements et depressions du sol*, Paris 1876.

la differenza di longitudine fra *Roma* e *Cagliari*, verificò in quell' antico e saldo edifizio una oscillazione giornaliera periodica, la quale raggiunge un massimo di 4″ sopra un raggio di 40 centimetri e dipende indubbiamente dalla dilatazione della pietra di cui è fatta la torre, sotto l' influenza dei raggi solari.

L' osservatorio astronomico del Chili, situato sulla costa di *Santa Lucia*, presso *Santiago*, a quanto riferisce il Moesta, s' alza e s' abbassa alternativamente nelle 24 ore, per effetto delle variazioni di temperatura. Il movimento è tanto sensibile che si reputa necessario di tenerne conto nel calcolo delle osservazioni astronomiche.

Ogni volta che cadono pioggie si verifica un sensibile innalzamento temporario nell'osservatorio di *Armagh* in *Irlanda;* ciò perchè la collina sulla quale sorge l'antico edifizio assorbisce molt' acqua (che poi perde più tardi in tempo di siccità) ed aumenta di volume temporariamente (Reclus).

Plantamour stabilì or sono pochi anni in *Ginevra* dei livelli a bolla d' aria assai delicati, parallelamente e perpendicolarmente al meridiano ed, avendo avvertito che le bolle d' aria subivano oscillazioni notevoli, istituì su queste una serie di osservazioni accuratissime che tuttora continua (¹). Si può argomentare da quanto fu pubblicato in proposito che la superficie terrestre si trovi in uno stato d' ondulazione quasi incessante, che attesta la sua plasticità; alcune oscillazioni sono dovute a variazioni di temperatura, mentre altre sembrano ripetere la causa loro da un agente diverso, ancora ignoto (²).

(¹) L' ampiezza dell' oscillazione annuale della bolla, nel senso del meridiano, fu di 4″,89 nel 1878-79 e di 4″,56 nel 1879-80 e nel senso del parallelo fu di 28″,08 nel 1878-79 e di 95″,80 nel 1879-80.

(²) Plantamour, *Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux a bulle d'air*, *Archives des Sc. physiq. et nat.*, 1879, II, p. 641 ; 1881, V, p. 97, V, p. 601. — *Comptes rendus des séances* de *l'Acad. des Sciences*, 1881, XCII, p. 329.

Plantamour ebbe parecchi imitatori che estesero il campo di queste ricerche e ne variarono le condizioni per modo che il fatto dei bradisismi meteorici apparisce sempre più generale (1).

Bouquet de la Grye avvertì nell' isola *Campbell* oscillazioni del suolo ben sensibili, cagionate dall' urto dei marosi (2). Altre investigazioni avrebbero fatto conoscere esempi di lievi flessioni del terreno, determinate dal variare delle condizioni d' equilibrio del terreno stesso, per effetto del flusso e del riflusso.

A. d' Abbadie verificò che l' onda della grande marea equinoziale (*mascaret*), nell' estuario della *Senna* a *Quilleboeuf,* produce una flessione del terreno, resa manifesta dal movimento della bolla in parecchi livelli disposti perpendicolarmente al fiume (3).

Se si deve prestar fede a certe osservazioni e se non sono avventate le conseguenze che taluno volle dedurne, a quella che abbiamo qui considerata si aggiungerebbe una nuova categoria di bradisismi che potrebbero denominarsi *astronomici.*

Secondo Grablovitz, nel modo stesso che la superficie del mare risente gli effetti dell' attrazione lunisolare, la quale si manifesta colle maree oceaniche, così egualmente la corteccia del globo non può a meno di risentire gli effetti di *maree telluriche,* e, se il principio è giusto, in ogni punto della superficie terrestre, posto che questa fosse uniformemente flessibile, dovrebbe aver luogo un innalzamento proporzionale al seno dell' angolo che l' astro attraente fa coll' orizzonte.

(1) C. von Orff, *Sur les mouvements du sol, Archives des Sc. physiq. et nat.*, 1881, VI, p. 611.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences,* 1875, 1.r sem., p. 723.

(3) Girard, *Opera cit.*, p. 96.

III. CAUSE CUI FURONO ATTRIBUITI I BRADISISMI.

È tempo di raccogliere le fila di questi ragionamenti e di risalire alle cause dei bradisismi regionali. Non pretendo in questa indagine, per la quale mancano tanti elementi necessari, di giungere ad una soluzione ben determinata e sicura del problema, ma spero di riuscire, in certo modo, a sgombrar la via e a circoscrivere il campo in cui tali cause debbono essere ricercate.

Per conseguire con più facilità il mio intento, esaminerò successivamente le ipotesi avanzate dagli autori per spiegare i sollevamenti e gli avvallamenti, distinguendole in *meccaniche, fisico-chimiche e geotermiche.*

Cause meccaniche. — (A). È chiaro che il peso di materiali depositati sopra un terreno molle e flessibile può determinare il lento avvallamento di esso, in virtù di un nuovo assetto delle sue particelle. Questo fenomeno che si verifica in vasta scala, quantunque per la sua indole sia posto fra i locali, vale a spiegare le depressioni che si producono in alcuni grandi estuari e nelle loro prossimità. Esso fu invocato come si è detto (p. 266) per spiegare l'avvallamento della *Venezia*, ma il fatto che le rive orientali dell'*Adriatico* sono scogliose e pur si adimano, vale ad eliminarlo dal numero delle cause generali di quel bradisismo. Ognuno vede, d'altra parte, che sarebbe inammissibile nel caso di *Malta,* di *Candia,* della Siria, dell'Oceano Indiano (*Maldive Lacchedive* ecc.), del Pacifico (*Caroline, Marshall, Gilbert, Pomotù* ecc.), regioni nelle quali, gli elementi della sedimentazione devono essere necessariamente scarsi. All'ipotesi che l'assettamento sia, come alcuni credono, causa precipua delle depressioni regionali si obbiettano poi i casi di retrocessione di movimento, ripetutisi a brevi intervalli in molte località.

(B). Si è veduto come nel caso della lavina di *Corniglia* e in quello dei *creeps* (il numero degli esempi poteva essere facilmente accresciuto), la pressione esercitata dall'alto al basso da masse pesanti che gravitano sopra letti di roccie plastiche abbia il potere di determinare, per reazione, un spostamento delle medesime in senso inverso, spostamento che si verifica sempre in prossimità del territorio in cui si effettua la pressione. Questo fatto è tale da fornire una interpretazione plausibile di certi casi in cui vediamo innalzarsi, per esempio, le rive di un bacino, sede di una sedimentazione assai attiva.

Si comprende facilmente, infatti, come, crescendo la potenza e quindi il peso dei sedimenti sopra un letto più o meno plastico, questo ceda gradatamente sotto la pressione, e la forza impellente si traduca di poi in sollevamenti nelle aree di minor resistenza. Quindi, mentre i sedimenti più potenti si depositeranno nei bacini oceanici, è probabile che i maggiori sollevamenti si produrranno sulla terra emersa. L' estensione dell' area sollevata e l' ampiezza del sollevamento dipenderanno dalla copia e dal peso dei materiali depositati dalla sedimentazione, nonchè dal peso delle formazioni sollevate.

Essendo disuguali nella estensione un' area che si deprima ed una che si sollevi, debbono sussistere, in tal caso, fra loro rapporti d' equilibrio paragonabili a quelli che si danno fra i due stantuffi del torchio idraulico.

La denudazione delle terre emerse alla periferia del bacino di sedimentazione, diminuendo la spessezza e quindi la resistenza del suolo, favorirà il sollevamento.

Fin qui si è considerato il fenomeno nella sua massima semplicità, senza tener conto delle disuguaglianze che la eterogeneità della corteccia terrestre deve necessariamente indurre, così nell' azione come nella reazione. Ma di leggieri s'intende come, facendo il debito conto anche di questo

fatto naturale, cioè della eterogeneità nella costituzione litologica del suolo, si possano spiegare con verosimiglianza talune irregolarità dei bradisismi, il procedere loro, per così dire, a lente ondulazioni.

Quantunque l'ipotesi suesposta sia sotto molti rispetti soddisfacente, è ben lontana dal renderci ragione della generalità dei fatti. In primo luogo, essa non si accorda coi casi di litorali (rive del Mar Rosso e del Golfo Persico, Perù, Chilì) che si sollevano e pur si trovano a gran distanza da bacini oceanici o lacustri in cui la sedimentazione si effettua su larga scala; poi non spiega i rallentamenti e le retrocessioni, nei casi in cui i depositi si accrescono uniformemente.

(C). La soluzione o l'asportazione di masse di roccie nel sottosuolo, causa evidente di sprofondamenti locali della Germania e del Canadà (vedasi il capitolo precedente), non vale sicuramente a fornire un'interpretazione plausibile degli avvallamenti regionali. Chi non sa infatti che il gesso, il sal marino, roccie solubili, non costituiscono, rispetto agli altri componenti della corteccia terrestre, che porzioni infinitesimali? È vero che in date circostanze i calcari, che hanno estensione ben maggiore, possono essere disciolti e che le argille sono suscettibili di essere, se non disciolte, stemperate con produzione di vacui; ma, contro l'opinione di chi invocasse questo fatto come causa di depressioni regionali, si potrebbe obiettare il caso di territori che risultano di roccie cristalline e pur si avvallano.

Cause fisico-chimiche. — (A). È certo che l'acqua esistente alla superficie terrestre penetra in gran copia nell'interno, sollecitata dalla propria gravità, dalla capillarità ed anche nei bacini oceanici, dalla pressione esercitata per opera delle masse acquee soprastanti. Questo liquido si introduce in tutte le fenditure, in tutte le soluzioni di continuità; imbeve o impregna i terreni, penetra in quasi tutte le

roccie e determina colla sua presenza importanti mutamenti fisici e chimici nelle medesime. Molte roccie anidre, in contatto dell'acqua si idratano, si combinano cioè ad essa, e siffatta combinazione è sempre accompagnata da un aumento di volume della massa, il quale è causa di sollevamenti del suolo. Il semplice fenomeno fisico di una roccia che assorbisca acqua produce talvolta lo stesso effetto.

In altri casi, l'acqua, rendendo molli e pastosi i terreni, determina la cristallizzazione di certi suoi elementi, d'onde deriva d'ordinario una contrazione e quindi un abbassamento.

Già si è avvertito che, se tutte le roccie anidre che costituiscono la massa del globo si trovassero in condizione opportuna per passare alla condizione idrata, tutte le acque raccolte allo stato liquido, alla superficie del globo, dovrebbero essere assorbite e certo non basterebbero alla completa saturazione della parte solida, che è tanto preponderante. Ma è da osservarsi che, in effetto, il fenomeno di cui si tratta non può verificarsi che in proporzioni relativamente minime, cioè alla parte superficiale delle formazioni, entro i bacini oceanici, lacustri e fluviali, e lungo i condotti sotterranei nei quali circola il liquido elemento. L'alta temperatura che regna ad una profondità piccolissima oppone un ostacolo insuperabile all'idratazione delle roccie profonde, e di più l'idratazione periferica delle masse rocciose difende, in generale, da una alterazione ulteriore la regione interna delle medesime. Di più, coi depositi che abbandona nei meati in cui scorre, l'acqua circolante nella corteccia terrestre poco a poco li ottura e si preclude l'adito ad una azione più estesa.

La estrema divisione meccanica delle roccie è una delle condizioni più favorevoli perchè avvenga la combinazione dei loro componenti coll'acqua. Però si osserva che, in gran parte, le più potenti masse di roccie idrate sono sedimen-

tari, cioè subirono un alto grado di divisione prima di acquistare lo stato presente.

Per tali motivi, il fatto dell'idratazione e le sue conseguenze in ordine ai bradisismi, sono meno generali di quanto a prima vista non apparisca. Oltre a ciò, dalla distribuzione geografica dei bradisismi negativi emerge, che questi fenomeni non si manifestano ove le acque sono più copiose. I medesimi argomenti possono essere del pari invocati per dimostrare che l'imbibizione, causa riconosciuta di locali fluttuazioni (p. 368), deve essere esclusa dal novero di quelle che promuovono i bradisismi regionali.

(B). La cristallizzazione dei materiali amorfi di cui si compongono indubbiamente in gran parte le regioni profonde della corteccia terrestre, può essere altresì fattore potente di avvallamenti. Infatti, quando un minerale passa dallo stato vetroso al cristallino, la sua densità si accresce, esso cioè si contrae. Deville ha posto in chiaro, che i cristalli di oligoclasio delle lave vetrose del *Picco di Teneriffa,* pesano sotto lo stesso volume assai più delle parti vitree delle stesse lave. Pilla stima che certe roccie possano perdere fino il 16 per 100 del loro volume, passando dallo stato igneo al cristallino. Bischof ha sperimentato che le trachiti e i basalti perdono in media 0, 04 della loro gravità specifica colla fusione, passando cioè dalla condizione cristallina alla vitrea. Secondo il prof. Silvestri, la densità della lava etnea del 1865 fu trovata di 2,771 prima della fusione, di 1,972 dopo; quella della lava basaltica di *Trezza* e dell'isola dei *Ciclopi* si verificò di 2854 prima e di 2,000 dopo la fusione.

(C). Bischof ritiene che le acque delle nevi e delle pioggie, penetrando nell'interno delle roccie, hanno la proprietà di scomporre i silicati contenuti in molte di esse, ciò mercè l'acido carbonico disciolto; producono quindi nuove combinazioni, le quali assumendo lo stato

cristallino, determinano in quelle roccie un gonfiamento più o meno rapido secondo l'intensità delle modificazioni compiute, d'onde, alla superficie, sollevamenti.

(D). Considerando la questione da un punto di vista più generale, si può asserire che tutti i mutamenti fisico-chimici, che si comprendono sotto la denominazione di *metamorfismo,* sono accompagnati da mutamenti di volume e quindi sono suscettibili di dar luogo a fluttuazioni della corteccia terrestre. Il più delle volte il metamorfismo dipende da un complesso di alterazioni subite dai minerali che costituiscono le roccie, e in particolar modo dalla pseudomorfosi o epigenesi. Metamorfismo regionale, *normale,* come lo designava E. de Beaumont, si produce, secondo la dottrina generalmente ammessa, allorchè per tratti più o meno estesi, le formazioni discendono a tal livello in cui regna elevata temperie, capace, col concorso della pressione, di mutar la natura delle roccie; oppure si produce per l'innalzarsi del grado geotermico nell'imo di profonde depressioni oceaniche, nelle quali, col volger dei tempi, si accumulano potenti masse di sedimenti. Ma nell'un caso e nell'altro il bradisismo è causa ben più che effetto di metamorfosi. Siffatta maniera di metamorfismo presuppone l'esistenza di una regione sotterranea intensamente calda e questa, come vedremo, può offrire in altre guise spiegazione soddisfacente del fenomeno di cui si tratta.

Quanto al metamorfismo di contatto, l'angustia delle zone nelle quali si manifesta fra roccie antiche e moderne è titolo sovrabbondante per confinarlo nella categoria degli agenti locali. Altrettanto dicasi di altre foggie di metamorfismo, attribuite all'azione di acque termali e minerali, di vapori, di emanazioni metallifere ecc.

Cause geotermiche. — Nell'attribuire le oscillazioni lente del suolo ad una o più cause dipendenti dalle condizioni termiche del globo, si muove da questa verità incontesta-

bile che cioè: ad una certa profondità sotto la superficie terrestre regna una temperatura elevata in confronto della temperie esterna, la qual verità emerge, come è noto, dall'osservazione diretta, eseguita ne' pozzi e nelle gallerie delle miniere e delle ferrovie, nei trafori artesiani, e si desume indirettamente dalle acque termali, dai soffioni, dai *geyser* e dai prodotti liquidi, solidi e aeriformi delle eruzioni vulcaniche.

A qual grado giunge questa elevata temperatura? Come si distribuisce entro lo sferoide terrestre? In qual condizione fisico-chimica si trovano i materiali solidi e liquidi che occupano l'interno di questa sferoide? Noi possiamo asserire soltanto che le lave fluide raggiungono i 1,200° ed accusano quindi una temperie non minore nei focolari vulcanici. Sappiamo altresì, che, fino alle piccole profondità cui possono penetrare i nostri apparecchi, la temperatura superficiale va crescendo in una proporzione poco variabile secondo i luoghi, ritenuta in media di un grado per 32 m.

I risultati delle osservazioni termometriche, eseguite recentemente nel pozzo artesiano di *Sperenberg* fino a m. 1269, dai quali, introducendo elementi arbitrari nel calcolo, si credette di poter desumere, per l'accrescimento della temperatura colla profondità, una regola diversa da quella generalmente ammessa, conducono invece, valutati con imparzialità, a conseguenze identiche; tenendo conto soltanto delle osservazioni più degne di fede, il grado geotermico sarebbe a *Sperenberg*, di metri 32,27 e quindi assai prossimo a quello degli altri fori più profondi (¹). È molto ragionevole il supposto che questo grado, a *Sperenberg* come altrove, vada scemando lievemente colla profondità; ma fin qui siffatta diminuzione non è dimostrata e nulla

(¹) Vedansi in proposito le opere: « *Geschichte der Erde* » di Mohr e « *Traité de géologie* di De Lapparent (Paris 1883) ».

ci fa sperare che possa accertarsi cogli scarsi elementi ora posseduti dalla scienza.

Sappiamo pure che i vulcani attivi, essendo distribuiti in lunghe catene o serie, le quali per migliaia di miglia, con brevi interruzioni, circoscrivono i maggiori oceani, manifestano nello stato igneo interno, non già contingenze locali, ma un fatto esteso, generale, intimamente connesso sia coll'esterna configurazione della terra, sia colla sua interna compage.

Circa l'origine di questa sorgente calorifica, due ipotesi o meglio gruppi d'ipotesi si contendono il campo. Per gli uni è la conseguenza di una fase ignea del globo che ha riscontro in quella odierna di molti corpi celesti, è un residuo di incandescenza iniziale che va lentamente decrescendo, per poi gradatamente estinguersi, come si è forse estinta nel nostro satellite che giunse più innanzi nel ciclo fatale (¹). Per altri si rinnova perennemente.

R. Mallet attribuisce lo sviluppo di calore che si produce al di sotto della corteccia terrestre ad una causa esclusivamente meccanica. Egli crede che un nucleo interno e caldo, qualunque ne sia la costituzione, si raffreddi e perciò si contragga, e che la porzione periferica continuamente si avvalli, sollecitata dalla gravità. Nell'attrito provocato dalla compressione e dallo schiacciamento, si svilupperebbe, secondo Mallet, un calore intenso, tale da portar certe roccie al grado di fusione. Le lave vulcaniche non sarebbero che

(¹) Si danno poi profonde divergenze tra i seguaci di questa scuola, perciocchè gli uni ammettono che il raffreddamento del liquido interno proceda dalla periferia verso l'interno, mentre altri credono che abbia luogo in pari tempo anche dal centro verso la superficie; da ciò disparatissime opinioni circa lo stato fisico dei materiali di cui si compone l'interno della terra, tutti fluidi e incandescenti sotto una sottile scorza snperficiale, secondo gli uni, liquidi e ignei nella regione intermedia, ma rigidi e freddi nella centrale, secondo altri. Per alcuni infine si avrebbe al presente nel globo, sotto la corteccia solida periferica, uno strato liquido igneo ed un nucleo interno solido per eccesso di pressione.

parti della crosta solida liquefatte. Il vulcanismo dipenderebbe quindi *indirettamente* dal residuo della primitiva energia termica del globo.

De Lapparent ha efficacemente confutato questa interpretazione puramente speculativa, mostrando come non si accordi punto coi fenomeni precipui delle eruzioni vulcaniche, cioè colla emissione di vapor d'acqua, colle emanazioni di gas e vapori diversi in un ordine determinato.

Mohr cercò l'origine del calore sviluppato dai vulcani nella riduzione di volume cui deve essere soggetta la regione interna per effetto della compressione, determinata dal peso delle masse sovrapposte. Ma perchè gli effetti termici di questa compressione dovrebbero essere così circoscritti e non dispersi in tutta la corteccia terrestre?

Secondo Volger, siffatto calorico interno proviene ad un tempo dalla pressione degli strati superiori, dall'attrito prodotto dalle acque d'infiltrazione che circolano nelle profondità del globo e dalle reazioni chimiche promosse dalle medesime acque. Ma non vi è chi non vegga quanto queste cause, e in ispecie le due ultime, sono inadeguate a spiegare gli effetti che loro si attribuiscono.

Dal punto di vista di questo studio, io posso, anzi debbo prescindere, da tali ardite speculazioni, come pure dai problemi ancora insoluti che hanno tratto all'interna costituzione del globo. Ripeterò pertanto con Poulett Scrope: « Mais, quant à la nature de cette chaleur, c'est la un mystère tellement impénétrable, que je me fais un scrupule d'aborder la question (1) ».

Ammessa l'esistenza d'uno strato igneo o assai caldo ad una certa profondità al di sotto della regione periferica, ne vien di conseguenza che questo in varie guise, secondo gli autori, può esser causa delle oscillazioni lente del suolo.

(1) *Les volcans*, trad. Pieraggi, Paris 1864, p. 309.

Se supponiamo un lento e progressivo raffreddamento di tale strato, è chiaro che le roccie fluide subiranno una contrazione passando allo stato solido; ad ogni modo, il volume di quelle già solide andrà diminuendo; da ciò avvallamento generale; ma la cortecia superficiale, che avrà subito in grado assai minore queste oscillazioni termiche, non proverà ugual contrazione. Sollecitata dalla gravità ad occupare i vacui formatisi sotto di sè e trovando in sè stessa un ostacolo alla propria discesa, si ripiegherà in vari sensi; avremo, quindi, sollevamenti parziali e formazione di catene montuose.

Nell'ipotesi suesposta, si è ammesso senza discussione l'esistenza di uno strato igneo uniforme, cui molti non credono. Dato che invece di uno strato siffatto si avessero masse o zone ignee, il fenomeno procederebbe un po' diversamente, inquantochè la depressione riuscirebbe meno estesa e irregolare. Tenendo poi conto della diversa conducibilità delle roccie superficiali, si verrebbe a spiegare in ogni caso l'irregolarità dei fenomeni bradisismici.

Altra interpretazione degli avvallamenti:

Per opera degli spiragli vulcanici, una copia grande di materia passa dalla regione ignea interna alla superficie; or bene, cessate le cause che hanno provocato le eruzioni, debbono rimaner, in luogo delle lave, spazi vuoti, e al di sopra di questi la corteccia terrestre deve deprimersi. R. Mallet [1], considerando che alcune grandi aree di depressione sono, come quelle del Pacifico e della Cina, più o meno circoscritte e limitate da serie di vulcani attivi, suppose che la quantità dello spostamento avvenuto potesse rappresentare il volume delle dejezioni di quei vulcani. De Lapparent [2] non è lontano da questo modo di vedere, senonchè egli

[1] British *Association*, 4th *Report on Earthquakes*, p. 70.
[2] *Opera citata*, p. 527.

crede che il fatto della contrazione indotta dal raffreddamento, nelle roccie vulcaniche, sia sufficiente a spiegare senz' altro le depressioni di cui si tratta.

Secondo un' altra ipotesi, sempre muovendo da analoga premessa, i bradisismi, dipenderebbero dall' incontro dell' acqua circolante nella corteccia terrestre con quelli ammassi di materiali incandescenti, fluidi o pastosi, di cui poco fa si accennava. L' obbiezione che l' acqua sarebbe impedita nella sua discesa, nelle parti più profonde della corteccia del globo, dalla tensione del suo stesso vapore, fu confutata da Angelot. Questi si studiò di dimostrare che una colonna d' acqua la quale mettesse in comunicazione un bacino oceanico profondo 2000 metri con un serbatoio di lava situato a 5 miriametri più in basso, dovrebbe mantenersi liquida in tutta la sua lunghezza per eccesso di pressione (1).

La tensione del vapore d' acqua più o meno intensa, più o meno regolare, spiegherebbe il lento innalzarsi di estesi tratti di paese, i parossismi eruttivi, i terremoti, e perfino le depressioni, ove e quando venisse a mancare.

IV. CONFRONTO DEI BRADISISMI CÔI FENOMENI VULCANICI E I TERREMOTI.

I bradisismi e i vulcani. — La teoria dei vulcani non è meno oscura nè meno controversa di quella dei bradisismi, e se ora, allo scopo di chiarir la prima, imprendessi l' esame della seconda, non farei che moltiplicare le difficoltà già tanto gravi del mio assunto, senza raggiungere l' intento. A me giova soltanto, all' uopo, di ricordare al lettore alcune circostanze di fatto, dalle quali o m' inganno a par-

(1) *Bull. de la Soc. géol. de France,* III, 1842, p. 187.

tito o emergono strette connessioni tra i due ordini di fenomeni.

I vulcani sono quasi tutti situati in riva al mare o nelle isole. Questa disposizione si può spiegare in due modi: ciò avviene perchè le acque del mare, penetrando nelle cavità sotterranee, determinano fenomeni eruttivi e quindi formazione di vulcani, oppure perchè i vulcani, essendo in certo modo parti visibili di profonde fratture della corteccia terrestre, appariscono sui lembi di tali fratture, lungo i margini delle grandi depressioni oceaniche. Se così è, e questa ipotesi sostenuta da Poulett Scrope, a me sembra la più legittima, la più verosimile, ben si comprende come i lembi di quelle soluzioni di continuità rese visibili dai vulcani debbano andar soggette più che ogni altra parte della superficie terrestre a movimenti lenti, debbano obbedire più liberamente alle forze che li sollecitano, sia dall'alto al basso, sia dal basso all'alto.

Basta un'occhiata sopra un planisfero per apprezzare la vastità dello spazio abbracciato dall'attività vulcanica: vulcani nelle regioni artiche a *Jean Mayen* e in *Islanda,* vulcani sulle rive del mare antartico, l'*Erebo* e il *Terrore.* Una catena vulcanica localmente doppia o triplice che circonda il Pacifico; una catena vulcanica meno fitta, almeno nella parte occidentale, che circonda l'Oceano Indiano. Un'altra serie che attraversa obliquamente il Mediterraneo, passa per l'Asia Minore e si continua fino alla Persia; e si aggiungano i vulcani ignoti o quasi dell'Asia Centrale, la serie eritrea, le *Azzorre,* le *Canarie,* i vulcani dell'Africa occidentale ecc. (¹).

A questa *universalità* del vulcanismo fa riscontro l'universalità del bradisismo regionale che senza dubbio è intimamente connesso al primo. Poco importa, nel caso

(¹) Vedasi uno degli elenchi più completi dei vulcani conosciuti nel libro quinto dell'opera di C. Fuchs « *Vulcani e terremoti* » Milano 1881.

nostro, che i focolari da cui provengono i materiali delle eruzioni sieno comunicanti fra loro o divisi, che i ricettacoli delle lave incandescenti e dei vapori sieno più o meno estesi, più o meno numerosi, più o meno profondi. Poco importa che l'azione impellente del vulcanismo provenga dalle roccie soprastanti che si raffreddano e nel raffreddarsi diminuiscono di volume e spremono fuori la lava, o che invece dipenda dall'acqua circolante nella corteccia terrestre, la quale penetrando nei focolai vulcanici passa alla condizione di vapore e sviluppa una enorme tensione. Poco importa che la tensione sia promossa, come credo più probabile, dallo svolgersi, col raffreddamento, di quei gas che la lava aveva assorbiti, mentre la sua temperie era più elevata (*plutonismo* del Gorini) [1].

Per quanto si riducano gli effetti alla più giusta misura, per quanto si facciano variare le cause e a queste si conceda il minimo valore possibile, mi sembra difficile sfuggire alla conclusione che se tali cause hanno il potere di produrre eruzioni vulcaniche, sono pur suscettibili di determinare oscillazioni lente del suolo. Nè deve trattenerci dall'ammettere tal comunione d'origine il fatto che si danno oscillazioni bradisismiche anche laddove manca ogni traccia di vulcani; perciocchè questi non sono che organi

[1] In altra occasione manifestai il mio modo di vedere circa la teoria dei vulcani (vedi la *Nuova Antologia,* Gennaio 1875). I principî sui quali ho insistito in particolar modo sono questi:

Le lave incandescenti trovandosi in contatto col vapor d'acqua lo scompongono e assorbiscono idrogeno e ossigeno (principalmente il primo), ciò finchè sono liquide e ad altissima temperatura; passando allo stato pastoso e poi solido, col raffreddamento, emettono poco a poco i gas assorbiti, con rigenerazione parziale di vapor d'acqua e formazione di altri svariati composti. Tutti i fenomeni eruttivi si spiegano facilmente supponendo che i gas e il vapor d'acqua si svolgano entro focolari vulcanici ora chiusi ora comunicanti coll'esterno.

Vedo con piacere che simili idee sono ora professate da autorevoli geologi e fra gli altri da de Lapparent nel suo nuovo e pregiato *Traité de Géologie* (Paris 1883).

visibili d'un apparato occulto, incomparabilmente più vasto. Le masse ignee, dalle quali dipendono le manifestazioni vulcaniche, se anche non formano uno strato continuo, concentrico alla superficie dello sferoide, sono senza dubbio assai più estese di quanto non apparisca all'esterno dai vulcani propriamente detti; ma fossero pur limitate alla base dei monti ignivomi e l'azione loro fosse unicamente termica, basterebbe lo squilibrio provocato nella corteccia del globo a spiegare certi bradisismi. Che l'estensione di quelle masse sia assai maggiore, in mancanza di migliori criteri, si può desumere dallo spazio occupato dalle roccie vulcaniche superficiali sulla terra emersa, quale apparisce nella carta bradisismica unita a corredo di questo volume (¹).

Anche Poulett Scrope sostiene la tesi che una sola ipotesi valga a spiegare il vulcanismo e le fluttuazioni del suolo (²).

Spostamenti permanenti avvenuti per effetto di terremoti. — Per procedere nella disamina che ci siamo proposta, giova ricercare quali rapporti colleghino i bradisismi ai terremoti. A quest'uopo mi sembra utile di considerare prima di tutto il caso dei terremoti che inducono stabili mutamenti di livello nel suolo, terremoti i quali destano l'idea di una transizione fra i due ordini di fenomeni e in cui taluno vede la spiegazione di certi lenti avvallamenti.

Di leggieri si comprende come il caso degli avvallamenti debba essere più frequente di quello dei sollevamenti, perciocchè le scosse e le trepidazioni inducendo nelle parti mobili della scorza terrestre nuove condizioni d'equilibrio, fanno sì che queste parti possano obbedire più liberamente alla forza di gravità che le sollecita. In altre parole, deve per esse verificarsi un nuovo assetto, in cui i materiali componenti

(¹) È presumibile che espandimenti di trachiti e di basalti altrettanto estesi giacciano nei fondi marini.

(²) *Opera citata*, p. 310.

le formazioni rimangono più stipati. Il medesimo fatto si produce sotto i nostri occhi quando un recipiente che contenga meliga, frumento od altra granaglia sia sottoposto a reiterate scosse. Fuchs non crede che sieno avvenuti veri sollevamenti per effetto di terremoti [1]; tuttavia dagli scrittori di sismologia ne sono citati parecchi. Ecco intanto alcuni dei più notevoli in un senso e nell'altro:

Si vuole che il lago *Mitsummi,* nell'isola di *Nipon,* lungo 60 chilometri e largo 15, abbia avuto origine nell'anno 285 a. C. da violenti terremoti che agitarono il paese nell'epoca in cui si formò il vulcano *Fusi-no-yama.*

Nel 1746, e precisamente il 28 ottobre, un terribile terremoto subito dalla costa del Perù, fu susseguito da un abbassamento della spiaggia e dalla formazione di un nuovo golfo presso *Callao.* Il terremoto del Bengala del 1762 fu accompagnato da un fenomeno consimile per effetto del quale sprofondò, presso *Chittagong*, un tratto di territorio di ben 155 chilom. quadrati.

Il terremoto che devastò negli anni 1811-12 la valle del *Mississipi* diede luogo a grandi avvallamenti e a nuovi laghi. Si crede che il fenomeno si sia prodotto per una lunghezza di 600 chilometri ed una larghezza di 225.

Si pretende che nel 1750 il Chilì abbia subito un sollevamento istantaneo di 8 m. Rinnovatosi il fenomeno nel 1822, ne sarebbe risultato un rialzamento delle coste peruviane e cilene di circa 1 m. per 240 miglia di lunghezza (Credner).

Durante il terremoto del 1835, l'isola *Santa Maria* e le spiaggie vicine del Chilì si innalzarono istantaneamente, quali di m. 1,50, quali di 2,50 e perfino di 3 metri. Il peso del terreno così sollevato equivale, secondo Lyell, a 363 milioni di volte quello della maggior piramide d'Egitto. Ma

[1] *Vulcani e terremoti,* Milano 1881.

poco a poco gli effetti del fenomeno diminuivano, talchè, dopo due mesi, la spiaggia della *Concezione* si trovava appena a 60 centimetri sopra il suo antico livello, e verso la metà dell'anno ogni traccia di sollevamento era scomparsa (Fitzroy).

Uno degli esempi più notevoli di terremoto cui si attribuiscano conseguenze permanenti nella configurazione del suolo, ci vien offerto da quello subito nella notte del 23 gennaio 1855 alle 9 e mezzo, dalle isole della Nuova Zelanda, terremoto che si fece sentire con maggiore intensità nella parte più angusta dello stretto di *Cook* e fu pur manifesto in alto mare ad oltre 150 miglia della costa.

Il sig. Edwards Nicholson, ingegnere residente a *Port Nicholson,* afferma che, per effetto del terremoto, un tratto di paese di 4600 miglia quadrate fu sollevato in modo permanente di 2 a 7 piedi.

A 16 miglia a settentrione di *Wellington,* non si verificò spostamento notevole; ma da questo punto a *Pencarroco Head,* il suolo si sollevò tra 1 e 7 piedi, e fino al fianco orientale della catena di colline denominata *Rimutaka* (connessa ai monti *Tararna*) s'innalzò progressivamente e raggiunse un massimo di 9 piedi, in un punto in cui rimase bruscamente interrotto. Tra l'altezza massima e la minima, vi ha una distanza di 23 miglia, lungo una linea diretta da N. a S.

Le diligenti osservazioni topografiche eseguite dal signor Edwards, prima e dopo il 23 gennaio, gli permisero di osservare alcune notevoli particolarità del fenomeno.

Alla punta di *Muko-Muka* a 12 miglia al S. E. di *Wellington,* egli riconobbe che il sollevamento era limitato da una fessura con rigetto ben visibile; da un lato della fessura la roccia era rialzata verticalmente per 8 piedi; dalla parte opposta pareva non esservi stato spostamento.

Il rigetto potè essere seguito in condizioni analoghe per

ben 90 miglia (ciò secondo la testimonianza del sig. Borlase) [1]. Lungo il rigetto, si vedevano profonde spaccature vuote od occupate da fango e detriti, nelle quali caddero e si perdettero parecchi animali domestici.

Walter Mantell osservò di poi che il territorio sollevato risulta di argillite antica non stratificata, che costituisce ripe alte più centinaia di metri; mentre quello che rimase in posto è formato di stratificazioni terziarie marine che formano ripe meno elevate.

Sul mare, il sollevamento si manifestò col formarsi di nuove spiaggie ove la costa era quasi a picco, colla comparsa di nuovi scogli, con mutamenti ragguardevoli nel regime delle maree alla foce dei corsi d'acqua.

Mentre il sollevamento accennato si verificava in prossimità di *Wellington,* a mezzogiorno dello stretto di *Cook* si produceva un movimento in senso inverso. Il sig. Weld proprietario nella *Middle Island,* avvertì infatti nella valle di *Wairan* e lungo le coste vicine una depressione subitanea di circa 5 piedi, per modo che la marea si estende oggi molto più addentro nel fiume di *Wairan,* e i coloni sono costretti a risalire molto più a monte di quel che prima non facessero per attingervi acqua dolce.

Il 29 gennaio 1861, dopo una violenta scossa di terremoto accompagnata da un rombo, un esteso tratto di terreno situato presso il villaggio di *Rekoro*, in *Pomerania,* scendeva nel lago vicino e il suolo stesso del villaggio si mostrava tutto fessurato. Si narra che nel febbraio del 1865 sparisse improvvisamente una delle *Maldive.* Il 15 marzo 1867 una gagliarda scossa di terremoto fu susseguita dallo sprofondarsi nel *Lago Maggiore* di parte del villaggio di *Feriolo.* Notevoli casi di abbassamento si verificarono durante il gran terremoto dell'agosto 1868 al

(1) *Bulletin de la Société géologique de France,* 1856, vol. XIII, p. 660.

Perù e specialmente lungo la catena montuosa compresa fra *Mojanda* e *S. Lorenzo;* il 21 ottobre dello stesso anno il terremoto determinò la discesa, per parecchi metri, di alcune vie di *S. Lorenzo* e di un ampio tratto di territorio nei dintorni della città. Il 1 dicembre 1869 la città di *Onlah* nell'Asia Minore fu ruinata da tre forti scosse dopo le quali si inabissò, come ingoiata in una voragine.

Abbassamenti ben visibili, colla scomparsa di piccoli colli, si produssero l'11 aprile 1871 a *Battang* nella Cina, durante un terremoto spaventoso. Il 4 novembre 1871 la contea d'*Orange* nell'America settentrionale fu teatro di fatti consimili; nuovi laghi si formarono in terreni per lo innanzi asciutti, parecchi laghi preesistenti si riunirono.

Secondo le relazioni dei periodici, il terribile terremoto che desolò l'isola di *Scio* il 3 aprile 1881 produsse lungo quel litorale notevoli dislivelli.

Facile sarebbe lo allungare di molto questo elenco, massime se vi si volessero comprendere le frane, gli scivolamenti, gli scoscendimenti, fenomeni apparecchiati d'ordinario da particolari condizioni topografiche, idrografiche, geologiche, la cui causa immediata o meglio occasionale può essere un terremoto.

Effetti attribuiti ai microsismi. — I terremoti non solo sono frequenti in certe regioni, ma risulta dalle recenti indagini di parecchi sismologi italiani, fra i quali primeggiano Bertelli e De Rossi, che son quasi incessanti [1]; alla qual conclusione si giunse principalmente mercè l'applicazione del microscopio al sismometro a pendolo, nel cosidetto tromometro. Si tratta è vero di lievi trepidazioni, di *microsismi*; ma dal punto di vista della fisica terrestre possono paragonarsi ai maggiori scuotimenti. Da ciò e dagli esempi di

[1] Vedasi in proposito il periodico intitolato « *Bollettino del vulcanismo italiano* » la « *Meteorologia endogena* » del De Rossi e gli « *Appunti storici intorno alle ricerche dei piccoli e spontanei moti del pendolo* » del Bertelli.

spostamenti stabili sopra enumerati, taluno ha potuto argomentare che gli effetti attribuiti ai bradisismi potessero ripetere l'origine loro dalla somma di quelli prodotti da terremoti microscopici, continuati per lunga serie di tempi; che in altre parole i movimenti lenti di cui ci siamo occupati risultassero dalla ripetizione di numerosissime scosse in un dato senso.

È possibile e probabile che tale possa essere la causa occasionale di certe depressioni, ma, considerando che i casi di sollevamenti per terremoto son rari e dubbi, mentre sono invece assai frequenti i sollevamenti secolari e che le aree bradisismiche non costituiscono zone allungate come quelle nelle quali sogliono propagarsi gli scuotimenti rapidi del suolo, son condotto a ritenere che nello stato odierno delle nostre cognizioni, questa ipotesi non rende conto in modo plausibile della generalità dei fatti.

Bradisismi e terremoti in genere. — L'ordine della nostra disquisizione ci conduce a ricercare quali rapporti collegano in tesi generale questi due ordini di fenomeni.

La causa o meglio le cause dei terremoti (giacchè sono indubbiamente più d'una) sono oggetto di discussione fra gli scienziati competenti, e si può asserire senza meritare taccia di pessimismo che il campo delle ipotesi è in proposito ancora aperto. Uno degli ostacoli maggiori che si oppongono alla soluzione del problema sta in ciò, che il terremoto può essere ed è certamente la manifestazione di condizioni assai diverse della corteccia terrestre, di accidenti svariatissimi; non è propriamente un fenomeno, ma un complesso di fenomeni.

Si comprende di leggieri come la caduta di massi in cavità sotterranee [1], lo sviluppo istantaneo di vapore per la penetrazione di acque nelle regioni più o meno profonde

[1] Ipotesi di Volger, Boussingault, Virlet.

in cui regna alta temperatura (1), le fluttuazioni di gas e di vapori sotto energica pressione (2), lo svolgersi impetuoso di gas e vapori ad alta pressione dagli spiragli vulcanici (3). La rottura di masse rocciose energicamente inflesse o premute (4), la frattura di lave irrigidite che raffreddandosi si contraggono (5), l'attrazione esercitata dal sole e dalla luna sopra grandi masse di roccie liquefatte o pastose esistenti a profondità ignote sotto la scorza solida del pianeta (6), possano dar luogo direttamente o indirettamente a vibrazioni, a scosse più o meno violente, tali da trasmettersi a gran distanza dal punto di partenza (7).

Senza accingermi all'ardua impresa di discutere le cause supposte dei terremoti, osserverò in prima che *tutte* le cause cui a torto o a ragione furono attribuiti i bradisismi sono suscettibili di provocare terremoti; poichè ogni spostamento nelle masse rocciose può dar luogo fra esse a tensioni, squilibri e quindi ad attriti, urti, scosse, in una parola a movimenti rapidi e violenti. È impossibile pertanto non ammettere anche a priori una stretta affinità fra i due ordini di fenomeni.

Per circoscrivere il confronto, convien tener presente la distinzione fra terremoti *locali* e *regionali*, comprendendo fra i primi gli scuotimenti circoscritti che dipendono imme-

(1) Ipotesi di Pfaff.

(2) Ipotesi di Angelot, Naumann ecc.

(3) Interpretazione dei terremoti vulcanici ammessa dalla maggior parte degli autori.

(4) Ipotesi di Dana.

(5) Ipotesi di Gorini.

(6) Ipotesi di Perrey, Kluge, J. Schmidt, Falb.

(7) Non mancano sismologi, come A. Boué, pei quali il motore dei terremoti è indirettamente il magnetismo terrestre, come quello che promuove desugua-glianze di temperatura, sviluppi di gas ecc. Hoefer attribuisce invece questi fenomeni ad uragani elettrici, mentre per Poly sarebbero cagionati bene spesso da turbini di vento.

diatamente e visibilmente da eruzioni vulcaniche e quelli che sono provocati da frane sotterranee o superficiali.

Considerando soltanto i bradisismi regionali o tellurici, come altri li denomina, osserviamo che si fanno sentire sopra aree estesissime, non solo in virtù della trasmissione delle vibrazioni dovuta all' elasticità della corteccia terrestre, ma bene spesso altresì, perchè il fatto che determina lo scuotimento si produce simultaneamente in più punti o lungo una linea più o meno continua (terremoti di *Lisbona* (1755) delle *Calabrie* (1783) della valle del *Reno* (1818 e 1846) dell' Italia Meridionale, della Grecia e dell' Egitto (1836) ecc.).

Rispetto alla loro distribuzione geografica, è difficile di stabilire norme fisse, stante la complicanza che deriva dalle moltiplicità degli scuotimenti di cui non è possibile decidere se sono locali o regionali, come pure da che l'andamento loro è modificato dalla configurazione orografica del paese e dalla sua costituzione petrografica. Si può asserire, in tesi generali, che i terremoti sembrano più numerosi e violenti nelle regioni animate dai bradisismi, massime in quelle che si avvallano. Senonchè, le aree in cui i terremoti sono più frequenti e si fanno sentire con maggior violenza sono generalmente allungatissime in un senso, assumono cioè la forma di zone; mentre ciò non ha luogo pei bradisismi. Secondo Mallet, queste zone seguono d'ordinario i rilievi che dividono i grandi bacini idrografici, rilievi che generalmente sono sparsi di orifizi vulcanici, e qui, all' incontro, apparisce piuttosto un' analogia fra le due sorta di fenomeni.

Altra legge posta da Mallet è questa, che le superficie sulle quali l' azione sismica apparisce minima e può divenir nulla, sono le parti centrali dei grandi bacini depressi e le grandi isole che sorgono in mezzo ai mari poco profondi. Rispetto alle parti medie dei maggiori bacini

oceanici, ognun vede come la regola abbia poco valore, stante la penuria di osservazioni e la difficoltà di istituirne. Quanto alle isole che sorgono da mari poco profondi, tant'è lo affermare, in generale, che la frequenza e l'intensità del fenomeno diminuiscono nelle piccole depressioni della crosta terrestre come nelle grandi, la quale asserzione non sembra esatta pei bradisismi, almeno riguardo ai grandi bacini del Pacifico e dell'Oceano Indiano.

L'azione della luna e del sole sui terremoti, che emerge, a quanto pare, dalle ricerche di A. Perrey e J. Schmidt, quelle della stagione e della pressione barometrica, sulle quali hanno insistito Kluge ed altri, sono generalmente considerate, e non a torto, a parer mio, non come cause determinanti dei fenomeni che qui ci occupano, ma come influenze di carattere accessorio.

I bradisismi regionali sembrano adunque connessi ai terremoti tellurici come al vulcanismo, talchè nasce spontaneo il pensiero che sieno manifestazioni diverse di una sola condizione di cose. Ma, d'altra parte, per la natura stessa dei fenomeni di cui si tratta, per la complicanza loro, per le perturbazioni cui vanno soggetti, i rapporti loro si sottraggono ad una rigorosa dimostrazione.

Queste intime relazioni sono confermate in modo indiretto da una ingegnosa osservazione del prof. Taramelli. La geologia dimostra che, come varia fra un punto e l'altro l'intensità delle manifestazioni endogene, così questa intensità subisce notevoli mutamenti nella serie dei tempi. Or bene, durante l'epoca quaternaria, nota il Taramelli, mentre i lenti sollevamenti furono assai generali ed estesi, i fenomeni principali e subordinati del vulcanismo si produssero con straordinaria veemenza; da ciò: abbondanza di acque minerali e termali che esercitarono un'azione particolare sulle roccie e abbandonarono depositi caratteristici, grandi frane e conseguenti accumulazioni detritiche dovute a terremoti.

Conclusione. — Emerge adunque da quanto precede che l'origine dei bradisismi regionali debba ricercarsi nell'alta temperie e nello stato di fluidità ignea che regna, non sappiamo se uniformemente o no, al di sotto della corteccia terrestre. Quando si conosceranno lo stato fisico e le condizioni termiche dei materiali che costituiscono le regioni interne del pianeta, si potrà decidere se e quanto il raffreddamento, lo sviluppo di vapori e di gas, lo spostamento di masse rocciose fluide, sono suscettibili di concorrere alla produzione dei fenomeni di cui si tratta.

Risulta pure dalle cose suesposte che strettissimi rapporti connettono fra loro eruzioni vulcaniche, terremoti tellurici, oscillazioni lente regionali, laonde tutto porta a considerarli come manifestazioni di una causa comune, che ha sede nell'interno del globo.

Vedremo in breve come il sollevamento delle catene montuose, essendo subordinato ai bradisismi, possa legittimamente ascriversi alla medesima categoria di fenomeni.

V. CONSEGUENZE DEI BRADISISMI.

Funzione dei bradisismi nei fenomeni orogenici. — Fra i mutamenti nella configurazione della superficie terrestre che furono imputati ai bradisismi, si comprendono anche i sollevamenti delle montagne. Dipendono i rilievi montuosi tutti o in parte dai fenomeni esaminati in questa disquisizione? Come si produssero le svariate loro strutture?

La cognizione, assai progredita in questi ultimi tempi, della costituzione stratigrafica delle montagne, gli esperimenti istituiti intorno alla pieghevolezza delle roccie e l'osservazione degli odierni movimenti del suolo permettono di suggerire soluzioni di tali problemi, cui non manca un certo grado di probabilità.

Premetto che le mie considerazioni hanno tratto alle montagne che presentano le condizioni stratigrafiche più comuni; quelle cioè di pieghe più o meno ripetute, di anticlinali e sinclinali diritti o inclinati o giacenti o inversi, semplici o multipli, complicate o no da rigetti, erosioni, denudazioni e intrusioni di roccie ignee; non intendo cioè occuparmi dei coni vulcanici e d'altri tipi orografici speciali, alla cui interpretazione si debbono adibire criteri diversi.

Coloro che ammettono l'esistenza di un nucleo solido e liquido ad altissima temperatura sotto la corteccia terrestre, attribuiscono in generale al raffreddamento e alla contrazione di questo nucleo l'origine delle montagne. Tale è l'opinione sostenuta, fin dal principio del secolo, da Elie de Beaumont, Cordier, d'Omalius d'Halloy e tanti altri. Anche ai giorni nostri geologi che godono di grande autorità come Heim, Suess, de Lapparent ravvisano nel progressivo raffreddamento del globo la causa prima dei rilievi montuosi, mentre i seguaci dei sistemi geogenici che negano l'incandescenza iniziale adottano ipotesi diverse. Altrettanto variano le interpretazioni concernenti il meccanismo e le modalità dei sollevamenti orografici. Qui, ove mi proponessi di sviscerare l'argomento, dovrei discutere la nota dottrina di Elie de Beaumont, ma, e perchè la reputo condannata senza appello e per l'indole stessa di questa rapida rassegna, preferisco passar oltre.

Per molto tempo si credette che le roccie cristalline (sienite, protogino, granito, gneis), che bene spesso formano parte ingente delle catene montuose, essendo state iniettate allo stato liquido o pastoso entro alle formazioni acquee ne avessero provocato il sollevamento; tal'era l'opinione di Studer. Ai giorni nostri, i progressi della stratigrafia da un lato, e la cognizione più perfetta dei fenomeni che accompagnano l'emissione delle roccie eruttive

odierne, dall'altro, hanno messo in chiaro che la funzione delle roccie cristalline nelle montagne fu puramente passiva; esse quasi sempre subirono pressioni, flessioni, sollevamenti, nel modo stesso delle altre roccie e, nei casi rari in cui formano veri dicchi, occuparono soluzioni di continuità preesistenti, esercitando solo azione meccanica limitatissima sulle roccie incassanti.

Similmente, il moltiplicarsi delle osservazioni e l'indirizzo più filosofico dato alla scienza sradicarono dalle menti il concetto poetico e falso che regnò sì lungamente nelle scuole, secondo il quale le montagne sarebbero surte istantaneamente e d'un solo getto, in mezzo a violente convulsioni della natura.

La formazione delle montagne, in ordine al meccanismo (non alla causa impellente del sollevamento) si spiega di leggieri colla teoria delle pressioni laterali.

Già fu dimostrato da James Hall, con una classica esperienza, che un complesso di letti eterogenei sovrapposti orizzontalmente (nell'esperienza erano pezze di panno), assumono colla pressione laterale la figura di anticlinali e sinclinali che predominano nei rilievi montuosi. Variando ingegnosamente le condizioni di questo esperimento, Daubrée pose in chiaro le diverse modalità del fenomeno (¹). Egli adoperò all'uopo un apparecchio che consiste essenzialmente in un telaio di ferro destinato ad accogliere lamine flessibili (le quali tengono luogo di strati) destinate ad essere più o meno compresse, mediante due regoli mossi da viti di pressione; uno di questi è disposto superiormente alle lamine, l'altro lateralmente; la materia delle lamine stesse è, secondo i casi, cera, piombo, ferro, gesso, resina o risulta di svariati miscugli.

Strati omogenei *a b*, di uguale spessezza, sottoposti a pres-

(¹) Daubrée, *Études synthetiques de géologie expérimentale*, 1.re part., Paris 1879, p. 290.

sioni verticali su tutta l'ampiezza loro e simultaneamente ad una pressione orizzontale, si piegano in modo piuttosto uniforme, formando seni e onde, il cui numero e la cui configurazione variano col variare della pressione. Si hanno prima un arco semplice, poi 3 curve, poi 5 (fig. 20).



Fig. 20.
Curve presentate dagli strati per effetto della pressione laterale.

Se le pressioni non sono uniformemente ripartite in tutta l'estensione delle lamine, si ottiene una disposizione più irregolare; le pieghe sono più numerose e risentite dalla parte (*b*) in cui la pressione è minima (fig. 21). Similmente, se

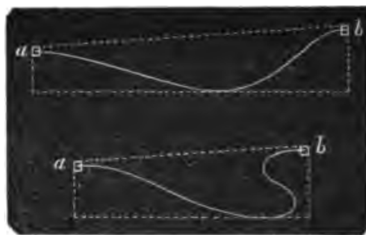


Fig. 21.
Curve presentate dagli strati allorchè le pressioni sono inegualmente ripartite.

la spessezza e quindi la resistenza di esse lamine va gradatamente diminuendo da un estremo all'altro, cresce il numero delle pieghe e diminuisce il raggio delle loro curvature verso l'estremità *b* più sottile e meno resistente (fig. 22).

Quando la spessezza delle lamine non decresce gradatamente, ma in modo disuguale, le porzioni dotate di minor resistenza si comportano come nella prova precedente, risultandone forme assai irregolari (fig. 23).

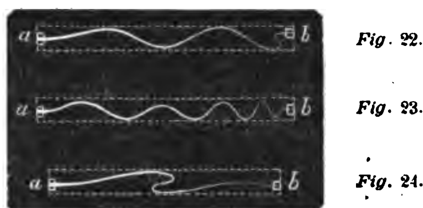


Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.

Ripiegature degli strati di spessezza disuguale.

Sia nel caso della pressione disuguale, sia in quello della spessezza non uniforme, se la pressione continua ad esercitarsi, le curve si fanno sinuose, serpeggianti, imitando quei sinclinali giacenti denominati dagli autori ad *U*, ad *S* ecc. (fig. 24).

Si comprende facilmente come nel caso delle montagne le pressioni verticali che gravitano sulle pieghe, siano soggette a continui mutamenti per effetto della denudazione che si esercita in alcuni punti piuttosto che in altri, e come la disuguaglianza che ne risulta provochi l'irregolarità nei rilievi.

È chiaro che la varietà di disposizioni presentata dalle catene montuose non è possibile se non si ammette con Heim un certo grado di flessibilità, anzi di plasticità nelle roccie, plasticità che è tanto maggiore quanto più sono argillose. Questa proprietà è indubbiamente accresciuta dall'acqua d'interposizione (acqua di cava, come suol dirsi), di cui sono impregnati gli strati profondi, e vuolsi anche dall'alta temperatura che regna verosimilmente a breve distanza dalla superficie. Altri geologi, come Stapf e Gümbel, trovano nella formazione di infinite fratture nelle roccie la spiegazione più naturale della loro flessibilità; nè certo si

può negare nelle quarziti, nei graniti, nei calcari, nelle serpentine, un tal qual grado di rigidezza che si traduce in fissilità sotto l'influenza della flessione. Baltzer ha dimostrato che molte roccie solide si piegano senza frangersi ed esaminando al microscopio le roccie quarzose e calcaree (prive d'argilla) pieghettate e contorte dell'*Oberland*, osservò che le fenditure loro son troppo scarse per attribuire a queste parte importante nella pieghevolezza delle roccie [1].

Dana avverte che, per ogni trentina di metri di sedimenti che si depositano in una depressione oceanica, la temperatura media del fondo marino ricoperto dai sedimenti stessi deve innalzarsi di circa un grado. Quando si rifletta che in alcune regioni del globo, come tra gli *Appalachiani*. si danno serie continue di strati di una potenza di ben 12 chilom., si comprende come alla base di certe formazioni le roccie subiscano sì profonde alterazioni da assumere uno stato elastico assai diverso dall'originario. Muovendo da questa premessa, Dana ammette che si producano per cause generali, cioè in virtù di lenti avvallamenti, grandi pieghe concave, da lui denominate *geosinclinali* e che, coll'accumularsi dei depositi in tali depressioni, si rialzi la curva isogeotermica. I sedimenti collocati alla base della formazione, sottoposti ad alta temperatura, per ciò si ammolliranno. Intanto, continuando ad esercitarsi la pressione laterale che fece nascere il geosinclinale, gli strati divenuti flessibili si piegheranno e si ripiegheranno, spinti contro il perimetro, supposto rigido, del bacino in cui si depositarono, d'onde rilievi montuosi. Simultaneamente, avrebbero origine, così, anticlinali e sinclinali, ma i primi, ben più esposti all'azione distruttiva degli agenti esterni,

(1) *Ueber gebogene Gestein-schichten, Tageblatt der Versamm. der deutsch. Naturf. zu Salzburg,* 1881.

sarebbero ben presto demoliti, restando per lo più i sinclinali a costituir le vette e le creste [1].

Ammessi i movimenti lenti della crosta terrestre dal basso all'alto e dall'alto al basso, in virtù di cause endogene non ben determinate, è facile comprendere come la pressione verticale prodotta da questi movimenti, come pure dall'avvallarsi delle masse rocciose per opera della gravità, possano tradursi in pressioni laterali e dar origine a rilievi montuosi, anche senza ricorrere al rammollimento, per causa geotermica, degli strati profondi.

Consideriamo uno dei casi più comuni: una zona *a b* (fig. 25) originariamente orizzontale, che supponiamo per



Fig. 25.
Formazione di rilievi montuosi per depressione e successivo sollevamento.

maggior semplicità limitata da roccie non cedevoli e immobili, si è avvallata e per la plasticità propria alle roccie di cui si compone ha dato luogo ad una concavità *l*. Le roccie situate fra *a* e *b* avranno acquistato per conseguenza una superficie maggiore della originaria. Supponiamo che fra *a* e *b* si verifichi una retrocessione di movimento, che il terreno si sollevi; ecco che la zona avvallata, sorgendo al di sopra del livello primitivo, sarà sollecitata ad occupare una superficie minore della propria ed essendo flessibile, ma non elastica, evidentemente si ripiegherà in varie guise secondo le circostanze locali.

Esaminiamo il caso inverso: *a b* (fig. 26), sollevandosi, avrà subito uno stiramento, un aumento di superficie per

(1) Dana, *Manual of geology*.

la plasticità sua propria. Ora, se, cessata la forza impellente, venga a mancare il sostegno che serviva di base a quel



Fig. 26.
Formazione di rilievi montuosi per sollevamento e successiva depressione.

terreno, esso si deprimerà spinto dal proprio peso; le sue particelle subiranno un costipamento, si comprimeranno a vicenda, ma non potranno più occupare la superficie primitiva; nell'obbedire alla forza che lo sollecita, impotente a spostare le formazioni (supposte immobili e incompressibili) da cui è limitato, esso si piegherà, si contorcerà come nel caso precedente (1). Le ripiegature, a norma delle regole stabilite da Daubrée, potranno assumere svariate disposizioni secondo la distribuzione della resistenza, secondo i punti cui sarà applicata la forza impellente ecc.

Di leggeri si comprende come il fenomeno possa ripetersi nella medesima zona un certo numero di volte nello spazio dei tempi geologici, risultandone pieghe sempre più risentite, sempre più complesse; si comprende parimente come questi movimenti debbano dar luogo a litoclasi (2) con rigetti (paraclasi) e senza (diaclasi), causa di particolari accidenti orografici e come l' erosione e la denudazione abbiano a compir l' opera abbozzata dalle forze endogene.

Apparisce palese da quanto precede che, secondo il co-

(1) Se ho bene inteso, il prof. Bombicci adotta una interpretazione simile per spiegare il sollevamento dell'*Apennino settentrionale* nella sua dotta memoria che ha per titolo: *Il sollevamento dell' Appennino Bolognese per diretta azione della gravità e delle pressioni laterali* (Bologna 1882).

(2) Daubrée, *Bull, de la Soc. géol. de France*, 3.e ser., X, p. 136.

mune consenso, i fenomeni orogenici sono dipendenti dalle oscillazioni del suolo e in particolar modo dai bradisismi.

Azione modificatrice dei bradisismi sui continenti e sui mari. — Sarebbe facile dal confronto della carta bradisismica con carte idrografiche ed ipsometriche dedurre i mutamenti più spiccati che si produrrebbero nella estensione e nella forma dei continenti e dei mari, se per un determinato lasso di tempo i bradisismi continuassero ad esercitar l'opera loro nello stesso senso coll'intensità che hanno al presente. Potremmo computare il numero di secoli che deve trascorrere acciochè il *Baltico* sia diviso dal mare del Nord e ridotto ad una serie di laghi e stagni. Potremmo dir come e quando la *Novaja Semlja* e di poi lo *Spitzberg* si uniranno al continente, precludendo la via testè gloriosamente percorsa dalla *Vega;* potremmo pronosticare la conversione del golfo del Messico in un lago, preannunciare la chiusura degli stretti di *Bab-el-Mandeb* e di *Ormus;* potremmo presagire la scomparsa di gran parte della Polinesia e dei piccoli arcipelaghi madreporici dell'Oceano Indiano, potremmo esporre i motivi pei quali è presumibile che la Germania del Nord, i Paesi Bassi la Francia occidentale, l'Inghilterra meridionale abbiano a convertirsi un giorno in fondi marini, come già furono. Ma non mi dissimulo il poco fondamento di queste profezie a lungo termine che tutte riposano sul concetto fallace della durata indefinita e della regolarità d'un fenomeno di sua natura mutabilissimo, d'un fenomeno i cui effetti sono bene spesso complicati da altri potentissimi agenti naturali.

Risalendo dal presente al passato, potremmo invece investigare, colla scorta di buoni documenti geologici, la configurazione dei continenti e dei mari, quali furono nelle epoche precedenti l'odierna, e rintracciare così l'opera dei bradisismi antichi; potremmo dimostrare che le oscilla-

zioni lente del suolo ebbero luogo in ogni tempo, con lunga sequela di sommersioni ed emersioni; potremmo fornir le prove del successivo aumentare delle terre emerse e del diminuir dei bacini marittimi col volger dei tempi; potremmo intervenire nella controversia che divide i geologi circa l'età dei grandi bacini oceanici, da taluni reputati non meno antichi delle più remote epoche geologiche, da altri invece ritenuti recentissimi perchè instabili. Questi temi son però così largamente trattati in alcune recenti opere, che poco mi rimarrebbe da aggiungere in proposito e sicuramente non saprei dir meglio.

Azione dei bradisismi sui climi. — Passando ad altro soggetto, vorrei che l'attenzioue del lettore si volgesse per poco a considerare anche l'influenza che i movimenti del suolo sono suscettibili di esercitare sotto il punto di vista dei climi.

A tutta prima si affaccia alla mente il fatto che per effetto dei sollevamenti emergono fondi marini, scema quindi la superficie d'evaporazione offerta dalle acque e viene a mancare una delle cause di refrigerazione dell'atmosfera; e intanto l'umidità e con essa le pioggie e le nevi tendono necessariamente a diminuire. L'opposto deve avvenire nei casi non meno frequenti di sommersione.

È ovvio che l'innalzamento di terre già emerse può indurre, secondo la posizione geografica e la topografia del paese, spostamenti in un senso o nell'altro delle linee isotermiche: può, cioè, impoverir d'acque i fiumi, o convertirli in torrenti, inaridir sorgive, prosciugar laghi e paludi, facendo il clima più asciutto e quindi più caldo, ovvero promuovere l'espansione delle nevi perenni e dei ghiacciai e quindi render maggiore la portata dei corsi d'acqua, con abbassamento della media termica, e cangiamenti adeguati nelle condizioni igrometriche generali, nelle pioggie, nelle tempeste ecc.

Nell'un caso e nell'altro, è possibile che sieno intercettati o deviati i venti, che i corsi d'acqua mutino di letto o scompariscano, che abbiano origine nuovi fiumi, nuovi bacini lacustri e palustri, tutto ciò con effetti, in ordine al clima, non sempre proporzionati alla causa. Ben s'intende, d'altra parte, come mutamenti di livello nei fondi marini possano deviar le grandi correnti oceaniche, promuovere l'aumento o la diminuzione delle callotte glaciali polari, esercitare una azione direttiva sul trasporto dei ghiacci galleggianti e quindi indirettamente concorrere a modificare le curve isotermiche, la direzione e l'intensità dei venti dominanti, il numero e l'andamento degli uragani, la copia e la durata delle nevi e delle pioggie ecc.

Secondo la configurazione e l'estensione rispettiva delle terre e dei mari, il clima tende ad acquistare un carattere più o meno insulare, più o meno continentale, in virtù dell'azione compensatrice delle acque. Ognuno dei cangiamenti enumerati è tale alla sua volta da promuovere, secondo i casi, l'intristimento o il rigoglio della vegetazione, fattore certo non trascurabile nella climatologia.

È da notarsi, infine, che la distribuzione delle masse liquide e solide alla superficie terrestre è uno degli elementi d'equilibrio nel pianeta, laonde, variando in un dato senso questa distribuzione, ne risulterebbe un mutamento adeguato nella posizione dell'asse terrestre e quindi generali alterazioni climatologiche. Giorgio Darwin ha calcolato che in virtù di un sollevamento di 3050 m. che occupasse $^1/_{20}$ della superficie terrestre, e una depressione corrispondente, di uguale ampiezza, in altro quadrante, si produrrebbe nell'asse dei poli uno spostamento di 1°, 46′, con profonde variazioni nei climi (¹).

Ma tra i bradisismi che abbiamo passato in rassegna, ed

(¹) *Geological Magazine*, 1878, p. 391.

anche fra quelli di cui si conservano le traccie nelle formazioni terrestri, non ne conosciamo alcuno che adempia a simili condizioni.

Le influenze di cui così lievemente si è toccato sono talmente intricate e complesse che mal si prestano alla sintesi, nè qui, per motivi facili a comprendersi, l'analisi riuscirebbe opportuna (1).

Azione dei bradisismi sugli esseri viventi. — Considerando i bradisismi nei loro rapporti cogli esseri viventi, si ravviseranno in essi i più attivi fattori della distribuzione geografica delle specie animali e vegetali. Si deve loro, in gran parte, il differenziarsi delle faune e delle flore, il formarsi dei ponti temporari pei quali molte volte le specie transitarono da isola ad isola, da continente a continente, gli stretti che opposero insuperabile ostacolo al loro procedere.

La nuova filosofia biologica scopre in questi movimenti i più potenti ausiliari di ogni mutamento, così tra gli animali come fra le piante, per cui nella serie di tempi una forma si converte nell'altra più acconcia alle nuove condizioni d'esistenza. Solo mercè i bradisismi possiamo spiegarci fino ad un certo punto la successione delle faune e delle flore fossili che si verifica nella serie stratigrafica.

Per concludere, i bradisismi adempiono, nell'ordine biologico, come nel fisico, ad un alto ufficio di rinnovamento e di avvicendamento. Essi sommergono nelle tenebre dei fondi marini le terre che da tempi immemorabili erano accarezzate dal sole, le rupi denudate cui gli agenti esterni tolsero il loro manto di terra e di vegetazione, i campi esausti dall'uomo; essi sottraggono al ciclo della vita e pongono in serbo per le generazioni future immani accu-

(1) Vedasi intorno ad un soggetto strettamente affine la memoria di J. D. Whitney intitolata: *The climatic changes of later geological times* (Cambridge 1882). Heer, Croll, T. Fischer, W. Thomson, de Saporta trattarono pure sotto vari aspetti e in modo assai istruttivo il tema dei mutamenti climatologici.

mulazioni di materie organiche. D'altra parte, recano a contatto dell' atmosfera le roccie che da interi periodi geologici erano sommerse, le pianure e le vallate sottomarine coperte di fecondi sedimenti, le isole madreporiche e i loro sali fertilizzanti, i letti di combustibili fossili. L'uomo stesso è soggetto alla loro azione, ad un' azione direi quasi elettiva che si esercita a vantaggio delle razze più elevate di mente e più vigorose di corpo, e a scapito di quelle che furono men felicemente dotate.

Il Polinesiano vede il mare innalzarsi lungo le coste della sua isola, invadere oggi il bosco, dimani la capanna ed aspetta senza lotta che gli sia rapito l'ultimo asilo; poi, raggiunto dall'ondata fatale, soccombe insieme alla sua tribù. L'Olandese, invece, contende palmo a palmo la sua terra all'Oceano, innalza dighe sopra dighe e dalla guerra incessante che muove agli elementi trae novello vigore per continuar la pugna e per vincere; la sua industriosa progenie si moltiplica e si espande. L'Arabo fatalista ed inerte si ritrae dalla cala insabbiata che non è più capace di accogliere la sua barca sdruscita e finisce i suoi giorni nell'ignavia; lo Scozzese scava un nuovo porto più vasto per sostituir quello che gli fu tolto dal sollevamento secolare, protende moli e scali, popola il mare di navi e ogni dì la sua stirpe vigorosa si diffonde.

Così, la stessa energia tellurica diventa fautrice di progresso per l'umanità . . . . . fino a qual segno e fino a quando, altri vegga!

APPENDICE

NOTE ED AGGIUNTE.

(*Pag.* 38). — L'ipotesi di Croll di cui non ho recato che un brevissimo cenno fu recentemente riferita e discussa dal dottor Günther [1] e da Oscar Peschel [2] in Germania, da de Lapparent in Francia [3], da L. Gatta in Italia [4].

(*Pag.* 38). — Altra ipotesi astronomica, diversa da quelle di d'Adhemar e di Croll, fu esposta in varie recenti pubblicazioni [5] dal prof. dott. I. H. Schmick. In questo sistema, di cui mi è giunta notizia troppo tardi perchè io possa qui renderne conto, le supposte secolari trasposizioni dei mari e le variazioni dei climi sono spiegate invocando l'azione della eccentricità terrestre sulle maree, mentre ai mutamenti cui vanno soggette le ghiacciaie polari non si attribuisce che una funzione secondaria.

(*Pag.* 38). — Da una splendida lettura intorno al movimento dei poli di rotazione della superficie del globo, fatta da G. Schiapparelli al Congresso del Club Alpino italiano, nel 1882 [6], rilevo che l'antica ipotesi, secondo la quale l'asse di rotazione del globo subirebbe continui mutamenti nella sua posizione, fu testè avvalorata da un fatto di molta importanza, sul quale già richiamarono l'attenzione

(1) *Studien zur Geschichte der mathem. und physik. Géographie*, Halle 1879. Vedasi l'accuratissima recensione di quest' opera pubblicata dal prof. Marinelli nel *Boll. della Soc. geogr. ital.*, 1880, vol. V, fasc. 5 e seguenti.

(2) *Neue Probleme*, 2.ª Auflage, 1876.

(3) *Traité de géologie*, Paris 1883.

(4) *Boll. della Soc. geogr. ital.*, anno IX, vol. XII, p. 645.

(5) *Thatsachen und Beobachtungen* etc., 1871. — *Der Mond als glänzender Beleg*, etc. 1876. — *Das Flutphänomen und sein zusammenhang mit den säkul. Schwank. des Seespiegels*, Leipzig 1879. — *Sonne und Mond als Bildner der Erdschale* etc., Leipzig 1881.

(6) *Bollettino del Club Alpino ital.*, XVI, n.º 49, 1883.

degli scienziati il prof. Fergola a Napoli e Nyren a Pulkova, da che, cioè, comparando i risultati delle osservazioni eseguite per determinare le latitudini in varie specole d'Europa, si trovò che tutte queste latitudini son venute diminuendo lentamente negli ultimi tempi; mentre la perfezione degli strumenti, la diligenza degli osservatori e l'accordo dei risultati ottenuti escludono il dubbio di grave errore. Non essendo supponibile che quegli osservatorii e tutta Europa con essi abbiano scivolato sulla superficie della terra, dice Schiapparelli, bisogna concludere che il polo artico si sia allontanato da noi di una lunghezza che si può valutare di 30 a 40 m. per secolo. Soggiunge poi, dopo molte altre considerazioni, che se la terra fosse assolutamente rigida e resistesse alle deformazioni che in essa tende a far nascere la forza centrifuga per effetto del movimento dell'asse, ogni aumento di 30 m. nella distanza del polo artico da noi dovrebbe avere per necessaria ed inseparabile conseguenza un alzamento di circa 5 centimetri nel livello medio del nostro mare, e che un alzamento uguale dovrebbe prodursi ai nostri antipodi (1).

L'autore termina la sua conferenza coll'invocare un sistema generale e continuato di osservazioni sul livello medio del mare affine di accertare gli spostamenti se pure si producono.

Intanto, io mi compiaccio che l'ardua quistione di cui si tratta sia nuovamente proposta alla discussione da scienziati alieni come lo Schiapparelli da ogni sistema preconcetto e nei quali il pubblico scientifico ripone meritamente ogni fiducia.

(*Pag.* 42). — Vuolsi avvertire a proposito dei cordoni litorali, come segno di sollevamento, che i corpi marini, conchiglie, ciottoli, detriti, possono essere abbandonati dalle onde ad una certa distanza dall'ordinario battente, per l'azione combinata delle mareggiate e dell'alta marea e quindi si dà il caso che assumano l'aspetto di cordoni litorali emersi per effetto di bradisismi.

(*Pag.* 48). — Circa il valore di queste etimologie, ho consultato

(1) È degno di nota il fatto che lo spostamento verificatosi nei tempi storici nei rapporti fra i livelli del mare e delle rive in molti punti del bacino mediterraneo corrisponde singolarmente al computo accennato.

un' autorità competente, cioè il prof. G. I. Ascoli, il quale mi ha risposto colla nota qui appresso trascritta:

« Di *Scandinavia* dice il Grimm (*Gesch. d. deutsch. Spr.*, 726-7) che *-avia* contiene il concetto d' isola, come avrebbe in *Austravia*, ma il resto della parola rimanere problematico ».

« *Holm* significa isolotto nei linguaggi scandinavi; ma anche cantiere, e, stando all' Adelung, pure colle ».

» Intorno a *Botnia*, non vedo nulla di sicuro ».

(*Pag.* 49). — La spiegazione del meccanismo delle onde data dal colonnello Emy sembra, fra quelle che furono proposte da vari autori, la più razionale. Sulla base di questa spiegazione, l' ing. Cornaglia istitui dei calcoli per determinare la legge del movimento delle onde ([1]). Egli applicò di poi con molta sagacia i risultati ottenuti allo studio dal flutto di fondo e giunse alle seguenti conclusioni ([2]):

« 1.° Il movimento delle onde nei liquidi genera lungo il fondo un flutto con movimento alternativo, ora diretto secondo la via delle onde, ora nel senso inverso.

» 2. Appena la causa che le ha prodotte sia cessata, le onde diminuiscono d' altezza avanzandosi, però non diminuiscono mai molto finchè il fondo non cangi bruscamente di direzione e purchè esistano profondità sufficienti perchè possano svilupparsi.

» L' altezza delle onde diminuisce prontamente sugli angoli rientranti del fondo; aumenta o diminuisce prontamente sugli angoli sporgenti.

» Il rialzamento delle onde è temporario, poi si cangia con un abbassamento: qualunque sia la circostanza nella quale ha luogo l'abbassamento, si conserva avanzando dal punto in cui si è prodotto.

» 3. L' intensità del *flutto di fondo* è tanto maggiore quanto più l' agitazione venga da lontano e da un punto in cui la profondità sia maggiore.

» *L' energia del flutto può essere grande anche a grandi profondità.*

([1]) *De la propagation verticale des ondes dans les liquides, Journ, de Mathém. pures et appliquées*, 3.° serie, t. VII, 1881.

([2]) *Du flot de fond dans les liquides en état d'ondulation, Annales des Ponts et Chaussées*, Paris 1881.

I bassi fondi smorzano più o meno la violenza del flutto.

» 4. Ordinariamente, l' intensità della corrente littorale propriamente detta anche nel suo proprio filo è assai debole ed è trascurabile in confronto dell' energia del flutto di fondo. Confrontata al flutto di fondo, l' energia di alcune correnti speciali può essere ancora assai grande, almeno presso la superficie del liquido.

» 5. In generale, il flutto diretto precede o segue la verticale che passa per la sommità dell' onda, secondo che il fondo s' innalza o si deprime; il massimo del flutto inverso precede o segue nello stesso modo la verticale che passa pel punto più basso dell' onda.

» 6. Il flutto ascendente tende a prevalere di più in più sul flutto discendente a misura che si avanza nel senso del procedere delle onde.

Questa tendenza a prevalere ha luogo pel fondo ascendente come pel discendente, ma è più rapida pel primo che pel secondo.

» Nelle vicinanze della riva il flutto diretto ha la preponderanza.

» La componente del peso dei corpi esposti al flutto parallelo al fondo paralizza e perfino soverchia più o meno la preponderanza d' un flutto sull' altro.

» 7. I punti nei quali, per una causa qualsiasi, i flutti ascendenti e discendenti si equilibrano esattamente secondo la linea della maggiore pendenza del fondo, costituiscono lo *linea neutra*.

» La linea neutra occupa differenti posizioni secondo la diversità delle onde, dei luoghi e lor condizioni e dei corpi. A parità delle altre condizioni, scende più in basso man mano che l'agitazione aumenta e che la pendenza del fondo, la grossezza e il peso specifico dei corpi diminuiscono.

» Pel Mediterraneo, nelle sue più forti burrasche e sulle sue spiagge aperte, la linea neutra pei materiali di queste spiagge si trova, secondo l' esperienza, alla profondità di circa 8 a 10 metri tutt' al più.

» 8. I corpi sulla linea neutra possono procedere lungo questa linea senza salire nè scendere, mantenendosi sul fondo.

» Dalla parte della riva, rispetto alla linea neutra, i corpi sono gettati alla costa; dalla parte del largo, invece, sono trascinati verso gli abissi. I corpi di un peso specifico assai poco superiore a quello del liquido sono quasi dapertutto rigettati alla riva.

» 9. I flutti agiscono sui corpi collocati sul fondo come a colpi d'ariete. La via che i corpi percorrono è in forma di denti di sega.

» La corrente litorale esercita assai poca influenza sul movimento di questi corpi; certe correnti speciali possono esercitarne più o meno.

» 10. I corpi resistono tanto meglio all'urto dei flutti quanto maggiori sono le loro dimensioni, quanto il loro peso specifico è più alto e quanto sono meglio disposti in modo da essere investiti dalla punta ».

(*Pag.* 81). — Dopo la stampa di questo capitolo mi è pervenuta una interessante memoria del dottor Rein di Marburg (1), nella quale espone dapprima il risultato delle proprie osservazioni sui coralli delle *Bermude*, poi riferisce le viste di Murray (uno dei naturalisti che furono imbarcati sul *Challenger*, durante il memorabile viaggio compiuto da questa nave) circa l'origine delle formazioni madreporiche (2), e, infine, traendo argomento da una discussione sorta in seno al congresso internazionale geografico di Venezia, enumera alcune gravi obbiezioni alla teoria delle scogliere madreporiche proposta da Darwin. Queste obbiezioni, parte nuove, parte già formulate da altri, si possono riassumere nei seguenti termini:

1.° Non è punto accertato che le regioni in cui si trovano barriere madreporiche e isole anulari sieno soggette ad avvallamento.

Questa presunzione è principalmente fondata sulla potenza grande che si attribuisce, sulla fede di insufficienti osservazioni, alle formazioni coralline.

2. Il fatto che in una area ristretta si trovano rappresentate tutte le varietà di scogliere coralline, e traccie di sollevamento, come Semper ha segnalato nelle isole *Palao* e come potrebbe verificarsi altrove nel Mare del Sud, è affatto contrario alla teoria di Darwin.

3. Non si danno in alcuna formazione geologica scogliere di co-

(1) Prof. D.r J. J. Rein, *Die Bermudas-Inseln und ihre Korallenriffe nebst einem Nachtrage gegen die Darwin'sche Senkungstheorie*, *Verhandl. der ersten deutsch. Geographentages*, Berlin 1881.

(2) Il Murray rinnova l'antica ipotesi secondo la quale gli atolli sorgerebbero sulla vetta di monti vulcanici sottomarini.

rallo, la cui spessezza si accosti a quella attribuita dalla teoria della depressione a certe isole e barriere.

4. Le masse più ragguardevoli di madrepore fossili, sia terziarie sia più antiche, secondo l'elenco presentato dallo stesso dottor Rein, non hanno più di 20 a 25 m. di potenza. Si può da ciò argomentare che la potenza delle scogliere coralline attuali rimanga in ogni caso inferiore ai 100 m.

Senza ricorrere alla ipotesi della depressione, i diversi tipi di isole e scogliere di corallo possono interpretarsi in modo più semplice e naturale, considerandoli come il coronamento di monti sottomarini (*als krönung submariner Berge*). In singoli casi, soggiunge il Rein, può darsi che ivi sieno isole sprofondate; ma è verosimile che il più delle volte, all'incontro, abbia avuto luogo un sollevamento per effetto di attività vulcanica o per altra causa, in virtù del quale il fondo, portato in vicinanza del livello marino, rese possibile ai polipi costruttori di innalzare l'edificio loro nelle condizioni opportune.

5. La forma delle scogliere, e in ispecie quella di *atoll,* dipende primamente, secondo Rein, dalla natura dei bassi fondi, poi, se ho bene inteso, dal fatto che non è possibile lo sviluppo e la moltiplicazione dei polipi se non nelle posizioni in cui possono ricevere liberamente dal di fuori il proprio nutrimento.

Non v'ha dubbio che siffatte osservazioni, opposte alla dottrina darwiniana da uomini competenti come, Semper, Murray e Rein, meritano di essere seriamente meditate e non mi dissimulo l'importanza loro. Tuttavolta, fino a che non si producano argomenti più decisivi in contrario non mi pare si possa ancora far getto del principio « che le barriere prossime alla costa e le isole anulari madreporiche si manifestano nella pluralità dei casi nelle regioni in via di lento avvallamento ». Mi sembra però giusto lo ammettere che questo principio fu esagerato, attribuendo alle formazioni di coralli centinaia e centinaia di metri di profondità.

Il fatto nuovamente confermato da Murray che gli *atoll* spesseggiano in ragioni vulcaniche, nelle quali, per conseguenza, debbono essere frequenti i movimenti in un senso o nell'altro, spiega, d'altronde, come si abbiano traccie di sollevamento anche nelle località in cui le formazioni madreporiche accusano il predominio della depressione.

(*Pag.* 263). — Rilevo dal vol. I di « *Notizie e Rendiconti* » del terzo Congresso geografico internazionale (pag. 352) che il conte Almerico Da Schio non accertò veramente, come a me sembrava, alcuna misura diretta della depressione osservata nell' estuario veneto, ma richiamò soltanto l' attenzione dei congregati sul fenomeno stesso il quale non è ben conosciuto nella sua quantità e nelle sue leggi e non è studiato quanto vorrebbe la sua importanza. Egli avvertì inoltre che dal 1872 soltanto si cominciarono a fare osservazioni precise e continuate, mediante i mareografi, per determinare l' altezza media del livello marino a *Venezia*, e soggiunse che dal 1872 al 1880 queste osservazioni dimostrarono che il livello medio del mare è colà di 29 centimetri sotto la linea dell' alta marea, con un errore probabile di un centimetro in più o in meno.

(*Pag.* 323). — Il dottor C. Bertacchi si occupa in un suo novissimo opuscolo dei movimenti del suolo nell' isola di Madagascar (1). Dai lavori di Grandidier, Houlder, Leillet, Caffarel, Dahle, Mullens ed altri geografi e viaggiatori, egli ricava il concetto che questa terra non appartenga nè geograficamente, nè geologicamente all'Affrica, che sia parte di un vasto continente sommerso, già connesso, forse, alla Malesia e all' Oceania occidentale; caldeggia, in altre parole, l' ipotesi d' una *Lemuria*, poco diversa da quella immaginata da Haeckel per spiegare le affinità zoologiche di Madagascar con *Seilan*. Da ciò arguisce che la grande isola affricana sia compresa nella vasta area di avvallamento delle *Maldive, Lacchedive* ecc., tranne in parte della costa occidentale che si solleva, subordinatamente al vulcanismo locale.

(1) *Dei movimenti del suolo nell' isola di Madagascar* ecc., Bari 1883.

INDICE DELLE MATERIE

ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.

CARTE.

FIGURE INTERCALATE NEL TESTO.


80
20



